

Technická univerzita v Liberci

Fakulta strojní

Katedra výrobních systémů

Obor: Výrobní systémy

Zaměření: Pružné výrobní systémy pro strojírenskou výrobu

**OPTIMALIZACE OFFLINE POZICE MONTÁŽNÍ LINKY PRO DENSO
MANUFACTURING CZECH s.r.o.**

**SUB-ASSEMBLY OPTIMIZATION FOR DENSO MANUFACTURING CZECH
s.r.o.**

KVS – VS – 192

Vítězslav Payer

Vedoucí práce: Doc. Dr. Ing. František Manlig

Počet stran: 65

Počet příloh: 4

Počet obrázků: 38

V Liberci

**TÉMA: OPTIMALIZACE OFFLINE POZICE MONTÁŽNÍ LINKY
PRO DENSO MANUFACTURING CZECH s.r.o.**

ANOTACE: Diplomová práce shrnuje optimalizační postupy pro zefektivnění výroby podmontáže výrobní linky. Zabývá se především tvorbou layoutu a aplikací metody předem určených časů MOST. Ta je využita pro měření současného stavu a pro analýzu výrobních časů návrhů.

**THEME: SUB-ASSEMBLY OPTIMIZATION FOR DENSO
MANUFACTURING CZECH Ltd**

ANNOTATION: The diploma paper summarizes optimization procedures for improved sub-assembly production of a manufacturing line. It deals mainly with layout creation and application of predetermined motion time method MOST. It is used for present condition measurement and for production time analysis of concepts.

Desetinné třídění:

Klíčová slova: OPTIMALIZACE, VÝROBA, LAYOUT, MOST, ANALÝZA

Zpracovatel: TU v Liberci, Fakulta strojní, Katedra výrobních systémů

Dokončeno: 2010

Archivní označení zprávy:

Počet stran: 65

Počet příloh: 4

Počet obrázků: 38

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Datum:

Podpis:

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu diplomové práce Doc. Dr. Ing. Františku Manligovi a konzultantovi Ing. Janu Vavruškovi za mnohé podněty, rady a náměty, které významnou měrou přispěly ke kvalitě zpracování předkládané problematiky. Poděkování rovněž patří všem dalším osobám, které se formou konzultací podílely na konečné podobě diplomové práce.

Obsah

1. Úvod	8
1.1. O firmě Denso Manufacturing Czech s.r.o.	8
1.2. Úvod do problematiky	9
2. Teoretická část	11
2.1. Štíhlá výroba	11
2.1.1. Plýtvání	12
2.1.2. Nástroje LEAN	13
2.2. Optimalizace	14
2.3. Cíle projektu	16
2.3.1. Strategický cíl	16
2.3.2. Postupné cíle	16
2.4. Six Sigma	17
2.4.1. PDCA	18
2.4.2. DMAIC	20
2.5. Layout	21
2.5.1. Tvorba layoutu	22
2.5.2. Spaghetti diagram	23
2.6. Pohybové studie	24
2.6.1. MTM	24
2.6.2. MOST	26
2.6.2.1. Obecné přemístění	27
2.6.2.2. Řízené přemístění	29
2.6.2.3. Použití nástroje	29
3. Praktická část	31
3.1. Cíl praktické části	31
3.2. Define – Definuj	31
3.3. Measure – Měř	31
3.3.1. Layout podmontáže	32
3.3.2. Spaghetti diagram	34
3.3.3. Měření výrobních časů	35
3.3.4. MOST analýza	36

3.4. Analyse – Analyzuj.....	40
3.4.1. Analýza současného stavu	40
3.4.2. Porovnání současného a cílového stavu	41
3.5. Improve – Zlepšuj.....	42
3.5.1. Návrhy řešení.....	42
3.5.2. Návrh 1	42
3.5.3. Návrh 2	51
3.5.4. Návrh 3	53
3.5.5. Srovnání a vyhodnocení návrhů	57
3.6. Control – Říď.....	59
4. Závěr	60
Seznam použité literatury	61
Seznam příloh	65

1. Úvod

Práce pojednává o optimalizačním postupu vedoucím ke zlepšení výkonu a pracovních podmínek offline pozice montážní linky firmy DENSO Manufacturing Czech s.r.o.

1.1 O firmě DENSO Manufacturing Czech s.r.o. (DMCZ)

DMCZ jako dceřiná firma nadnárodní japonské společnosti DENSO CORPORATION, založená 12. 7. 2001 s počátečním vkladem kolem 3 mld. Kč (dosud jednou z největších zahraničních investic v České republice), zaměstnává kolem 1700 zaměstnanců a její roční obrat činí přes 6 mld. Kč. Mateřská společnost tak reagovala na rostoucí trh v oboru automobilových klimatizací a potřebu přiblížit se svým evropským zákazníkům. Jako místo nejlépe naplňující strategická kritéria pro umístění budoucího výrobního závodu se ukázala liberecká Průmyslová zóna Jih (viz Obr. 1.1). V její prospěch hovořilo připojení na mezinárodní rychlostní komunikaci stejně jako přítomnost Technické univerzity a strojírenská tradice stotisícového Liberce. [23]



Obr. 1.1: Areál firmy DMCZ [23]

DMCZ je předním evropským výrobcem klimatizačních jednotek a jejich součástí (viz Obr 1.2) pro vozy značek VW, Audi, Škoda, Lamborghini, Mercedes - Benz, BMW, Suzuki a dalších. [23]



Obr. 1.2: Klimatizační jednotka [23]

Cílový zákazník, majitel nového automobilu, výrobek sice nevidí a kromě ovládacího panelu se jej nemůže vlastně ani dotýkat, ale přítomnost klimatizace ve svém voze pocítí při jakékoli změně počasí nebo výkyvu teploty ve vnějším prostředí. Službou, kterou prostřednictvím svých výrobků poskytuje, je osobní komfort, s nímž osádka vozu absolvuje své cesty. [23]

1.2 Úvod do problematiky

Každý výrobní podnik na trhu má jediný společný cíl – schopnost vytvářet zisk (viz Obr. 1.3). Hlavní komponenty, kterými můžeme podnik definovat – strategický management, marketing, vývoj výrobků a technologií, plánování a řízení výroby, zabezpečování jakosti, analýza a projektování výrobních systémů, vlastní výroba – jsou jen různé prostředky a strategie, které pomáhají tento cíl přibližovat. [2]

Obsah této diplomové práce se bude zabývat výše zmiňovaným komponentem *analýzou a projektem výrobního systému*.

Výrobní systém (VS) představuje systém navzájem propojených výrobních a pomocných prostředků (strojů, dopravních a manipulačních zařízení, skladů), výrobních sil a předmětů výroby (materiálu, surovin, energie). Hlavním problémem ve výrobě je současné dosažení vysoké produktivity a pružnosti výroby a hledání „rozumného“ kompromisu mezi využitím zařízení a zkracováním časů výroby. [2]

Úlohou projektování VS je navrhnout také poměry mezi těmito prvky, aby daný výrobní systém dokázal efektivně plnit plánované i nové výrobní úkoly. V současné době je nejčastějším objektem projektování neustálé analyzování činnosti VS a zlepšování jeho funkcí s ohledem na měnící se podmínky. [2]

Podnik VČERA	Podnik DNES
cíl:	cíl:
ZISK	ZISK
prostředky:	prostředky:
vysoké využití strojů	vysoká pružnost
vyšší zásoby	snížování zásob
relativně dlouhé průběžné časy	zkracování průběžných časů
relativně vysoké náklady a ceny	snížování výrobních nákladů
přetížený výroby	Just in Time
centralizace	decentralizace
složitě řízení	zjednodušení řízení
lokální optimalizace	optimalizace celku

Obr. 1.3: Podnik včera a dnes [2]

2. Teoretická část

V druhé části práce jsou popsány postupy, nástroje a metody, které byly využity pro optimalizaci podmontáže výrobní linky.

2.1 Štíhlá výroba

V 90. letech minulého století nastala v západním světě revoluce automobilového průmyslu. Hlavním podnětem se staly „objevy“ japonských metod, které se rozvíjely od padesátých let a přivedly japonské výrobce automobilů ke schopnosti vyrábět lepší, levnější a hlavně rychleji své produkty než západní konkurenti. Začaly nové průmyslové závody ve schopnosti LEAN (= štíhlý). Pod tíhou konkurenceschopnosti nutily automobilky ke „štíhlosti“ i své dodavatele a postupem času se vlna LEAN rozšířila i do bankovníctví, obchodních řetězců, veřejné správy, stavebnictví a dalších oblastí. Někteří chtějí být štíhlý, aby vypadaly lépe, jiní aby žili dlouhý a kvalitní život a jiní pro přežití. To platí i v průmyslu a službách obzvláště dnes, kdy je víc než kdykoli jindy za poslední léta tak často zmiňovaná ekonomická krize. [21]

Neustále rostoucí tlak na efektivitu, kvalitu, zrychlování dodávek zákazníkovi si vyžaduje mnoho dostupných prostředků. Filosofie štíhlé výroby je tím nejrozšířenějším a pravděpodobně nejvhodnějším způsobem, jak si zajistit stabilní flexibilní standardizovanou výrobu. Její hlavní myšlenkou je zabezpečit požadavky zákazníka s co nejvyšší efektivitou, produktivitou, v krátkém čase, s nízkými náklady a vysokou kvalitou eliminací plýtvání.

Každá společnost, která učí zásadám štíhlé výroby, má svůj vlastní koncept nástrojů, technik a metod průmyslového inženýrství, s nimiž při tomto budování pracuje. Obecně existuje hned několik těchto nástrojů a metod, ale je také velmi důležité věnovat pozornost vhodnosti a správnosti jejich použití. Zbrklé implementování všech známých postupů LEAN výroby nám podnik příliš efektivně nezeštíhlí. [22]

Při zavádění LEANu je z hlediska týmové práce nejdůležitější nadefinovat správné složení realizačního týmu. Není dobré sestavit tým pouze ze silných a výrazných osobností. Při výběru členů týmu je třeba se zaměřit na čtyři oblasti. Jednak na osobnostní charakteristiky členů týmu, jejich pozici v organizační struktuře, jejich

postavení v procesu výroby a odborné či kvalifikační hledisko. Optimální struktura týmu z hlediska osobností je:

- vizionář – přichází s novými nápady a podněty, srší nápady a neobvyklými řešeními, které ovšem nedokáže dotáhnout do konce
- analytici – dva členové týmu, dovedou vše spočítat, prokázat nebo dát jednotlivým jevům řád a pravidla, upozorňují na nedostatky a rizika, hlídají plnění termínů, ale nedovedou rozhodnout z pocitu nedostatku informací
- praktici – sedm až deset členů, bezodkladně provádějí pokyny, realizují všechny podněty, jsou však příliš konzervativní a k řešení problémů upřednostňují tradiční a osvědčené postupy = nepřinášejí novou hodnotu [13]

Z hlediska organizační struktury je nezbytné mít v týmu zastoupení minimálně třech úrovní, např. operátor – mistr – vedoucí provozu. Z procesního hlediska je nutná účast zástupce vlastního procesu, interního zákazníka a interního dodavatele, dodavatele subprocesů (např. údržba, logistika). Dobře profesně složený tým nakonec obsahuje i několik rozdílných odborností, např. technologa, operátora, technika, kvalitáře, průmyslového inženýra, logistika, pracovníka controllingu, personalistu apod. Předpokladem funkčního týmu je také skutečnost, že není složen pouze z mužů či žen. Tým by měl mít jasně stanovené cíle, vyčleněné zdroje, případně stanovenou cílovou odměnu. [13]

2.1.1 Plýtvání

Všude kolem nás je přítomné plýtvání. Proto každá jeho eliminace neznamená pouze finanční profit, ale i zlepšení pracovního prostředí, zvýšení bezpečnosti práce atd. Za plýtvání ve výrobě považujeme vše, co nepřidává výrobku nebo službě hodnotu, za kterou je zákazník ochoten zaplatit. Tím se stává zdroje ztrát, které vedou k neefektivitě a snižování zisku podniku. Základními druhy plýtvání jsou: [13] [21]

- 1) Nadprodukce – výroba většího množství výrobků, než je potřeba pro další proces
- 2) Čekání – čekání na materiál, stroj, informace, operátora

- 3) Chyby – oprava zmetků, poruchy strojů
- 4) Zásoby – nadbytečné zásoby mezioperačního materiálu nebo hotových výrobků
- 5) Procesní plýtvání – nevhodné technologické postupy
- 6) Zbytečný pohyb – nevhodné uspořádání pracoviště (chůze, otáčení), špatné ergonomické podmínky (nadměrné zatížení, nedostupnost zařízení)
- 7) Doprava – nadbytečná přeprava, manipulace
- 8) Plýtvání znalostmi – nevyužití potenciálu pracovníků, nedostatečná komunikace

Celosvětový podíl činností nepřidávajících výrobku hodnotu a činností hodnotu přidávající je 95:5. Je proto velmi důležité nezaměřit se při zavádění LEANu pouze na zlepšení operace tvořících hodnotu a tím tento poměr ještě nezhoršit. [13]

2.1.2 Nástroje LEAN

Termín Lean bývá dnes často označován jako moderní způsob řízení. Jeho známost ovšem sahá až do 50. let minulého století, kdy byl poprvé aplikován japonskou automobilkou Toyota. Díky tomuto výrobnímu systému byla schopna vyrábět své produkty rychleji, levněji a hlavně kvalitněji než západní konkurence. Samotný Lean je však jen pojem pro neustálé zlepšování procesů za účelem maximální eliminace ztrát (plýtvání) a skrývá velké množství nástrojů, které k tomu využívá. Nejčastěji jsou s ním spojovány pojmy jako je buňkové uspořádání, tahový systém, výroba Just In Time, plynulý tok, teorie omezení, Six Sigma, 5S, TPM aj. [13] [22]

2.2 Optimalizace

Výkladový slovník cizích slov definuje slovo *optimalizace* jako: proces výběru nejlepší varianty z množství možných jevů. V obecné terminologii bychom optimalizací mohli označit soubor všech procesů vedoucích ke zvýšení výkonu, kvality vyráběného produktu nebo poskytované služby, úspoře plochy a nákladů nebo zlepšení pracovního prostředí a podmínek při práci. [16] Způsob vedení optimalizace je pro různé podniky odlišná v závislosti na zaměření a prioritách. Avšak jakákoli firma, která stojí o úspěch a reputaci ve světě, jí věnuje nemalý prostor, neboť jak je známo: vždy je co zlepšovat.

Optimalizace výrobní linky:

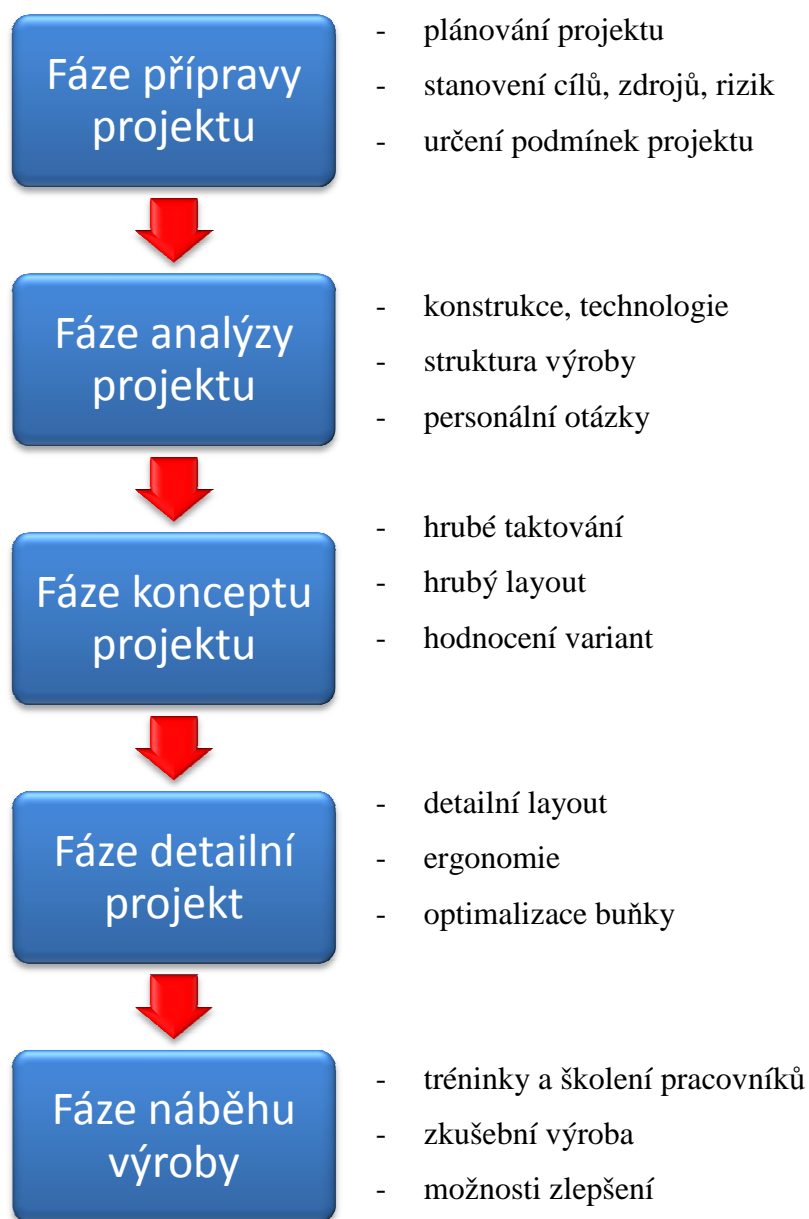
Za konkrétní strojní optimalizací výroby je považováno zlepšení podmínek na pracovišti a především odstranění veškerých druhů plýtvání a nedostatků. Nejdůležitější body, na které bychom se měli zaměřit jsou:

- zrychlení výrobního času
- eliminace úrazovosti a zatěžování organismu – prvky ergonomie
- snižování nákladů
- zvyšování autonomnosti a možnosti více-strojové obsluhy
- zlepšení kvality a standardizace postupů

Při vylepšování výrobní linky je důležité chápat optimalizaci jako projekt, který můžeme rozčlenit do pěti základních fází (viz Obr. 2.1).

V prvním kroku jde o přípravu projektu v podobě definování cílů projektu, časového harmonogramu, potřebných zdrojů, ale také rizik a omezení. Ve fázi analýzy projektu je provedena detailní analýza stávajícího stavu linky. Analyzuje se struktura výroby, technologický postup, využití strojních zařízení, činnosti operátorů, objektivita norem. Je rovněž sledováno nákladové hledisko u nakupovaných a vyráběných dílů, sledují se nároky na plochu atd. Ve fázi konceptu projektu jsou navrhovány varianty pro nové uspořádání linky (hrubé layouty). Následně jsou varianty hodnoceny dle zvolených kritérií a provedeno prvotní taktování linky dle požadavku zákazníka (stanovení takt time). V této fázi je rovněž vhodné použít simulační model. Detailní layout linky spolu se standardy a ergonomickými požadavky jednotlivých pracovišť

obsažených v lince řeší fáze detailního projektu. V tomto kroku je rovněž potřebné provést balancování jednotlivých operací spolu s definováním výkonu linky a normami spotřeby času. Ve fázi náběhu výroby je spuštěn zkušební provoz. Během zkušebního provozu by měl probíhat systematický trénink pracovníků spolu s pravidelnými schůzkami celého výrobního týmu dané linky. Během zkušebního provozu by měla být rovněž provedena analýza činností nově navržené koncepce linky s cílem realizovat potřebná zlepšení tak, aby byl dosažen požadovaný výkon linky a mohl být zahájen "plný provoz". [16]



Obr. 2.1: Fáze optimalizace [16]

2.3 Cíle projektu

Stanovení cílů projektu popisuje, co se má projektem uskutečnit nebo k čemu má přispět. Zpravidla se dají cíle rozdělit na strategické a postupné. [18]

2.3.1 Strategický cíl (goal)

Cíl označovaný jako strategický informuje o tom, čeho chce projekt dosáhnout na obecné úrovni. Měl by být v souladu s podnikatelským záměrem organizace, která bude projekt využívat. Někdy je možné dosáhnout strategického cíle i více než jedním projektem po delší časový interval.

Ve formulaci strategického cíle by měla být zmínka o jeho přínosu ve smyslu nákladů, rychlosti realizace nebo kvality. Z hlediska řízení projektu nemá strategický cíl praktický význam, ale projektový manažer musí tento cíl znát, aby mohl později dělat správná rozhodnutí. [18]

2.3.2 Postupné cíle (objectives)

Pro konkrétní formulaci toho, čeho chce projekt dosáhnout, slouží postupné cíle projektu. Ty musejí být sepsány takovým stylem, abychom mohli na závěr hodnotit, zda jich bylo dosaženo. Strategický cíl je obecný. Na rozdíl od něj správně formulované postupné cíle popisují na konkrétní úrovni určité a konkrétní projektové produkty a výstupy, které budou dodány. Řídí se pravidlem SMART, tedy jsou:

S – Specific – konkrétní, určité

M – Measureable – měřitelné

A – Achievable – dosažitelné

R – Realistic – reálné, realizovatelné

T – Time bound – časově ohraničené

konkrétní a určité – postupné cíle musí být popsány jasnými a výstižnými termíny, kterým rozumí všichni zúčastnění

měřitelné – jednotlivé fáze cílů jsou vyjádřeny fyzikálními veličinami (výkon, rychlost, čas apod.) nebo slovním hodnocením (ano/ne)

dosažitelné a reálné – cíle se musí držet reality a musí být splnitelné

časově ohraničené – cíle musí mít časový rámec se stanoveným datem dokončení

Významem postupných cílů je vyjádření shody mezi projektovým manažerem a investorem. [19]

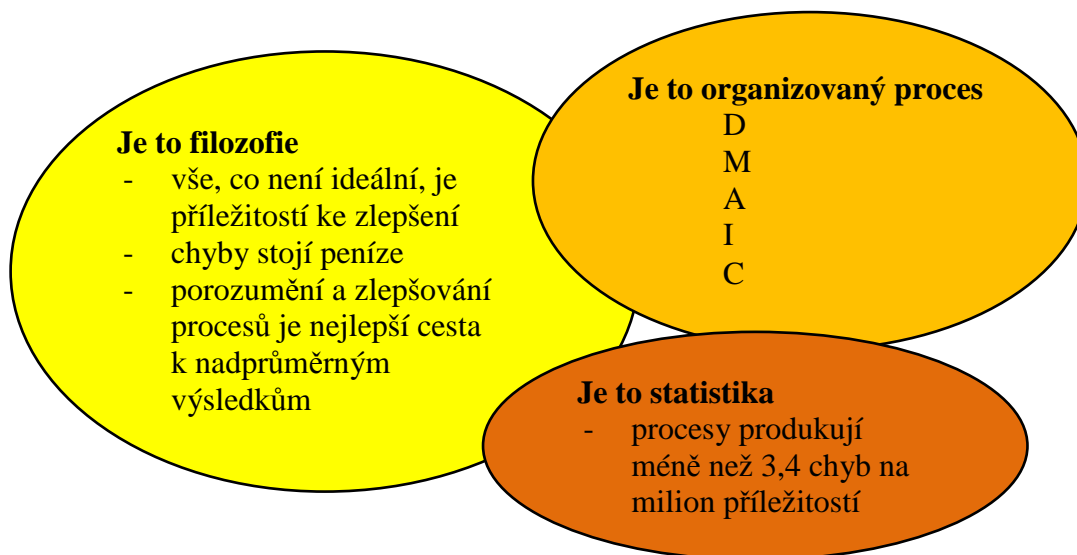
2.4 Six Sigma (6σ)

Vedle filosofie LEAN je často využívanou metodikou pro řízení kvality a zlepšování podnikových procesů Six Sigma (viz Obr. 2.2). Jedná se o ucelený systém na dosažení, udržení a maximalizaci podnikatelského úspěchu společnosti. Jejím základem je detailní znalost požadavků zákazníka, disciplinované používání faktů a objektivních údajů, statistické analýzy a neustálé úsilí zaměřené na optimalizaci procesů tak, aby na jejím konci bylo dosaženo maximálně 3,4 vady na milion příležitostí. [7] [9]

Metodu Six Sigma je nutno vnímat jako reakci na fakt, že zákazník platí jen za kvalitu. Cílem metody je tedy systematické snižování nebo zužování odchylek tak dlouho, až se mezi přiměřenou hodnotu výstupu a mez stanovenou zákazníkem nevtěsná 6 standardních odchylek. [9]

Všechny projekty Six Sigma sledují organizovaný průběh, který je založen na cyklu DMAIC (viz kapitola 2.4.2). Hlavními přínosy metody jsou [7]:

- identifikace chronických i náhodných chyb procesu
- zajištění stability procesu
- efektivní řízení projektů



Obr. 2.2: Co je Six Sigma? [9]

2.4.1 PDCA cyklus (Demingův cyklus)

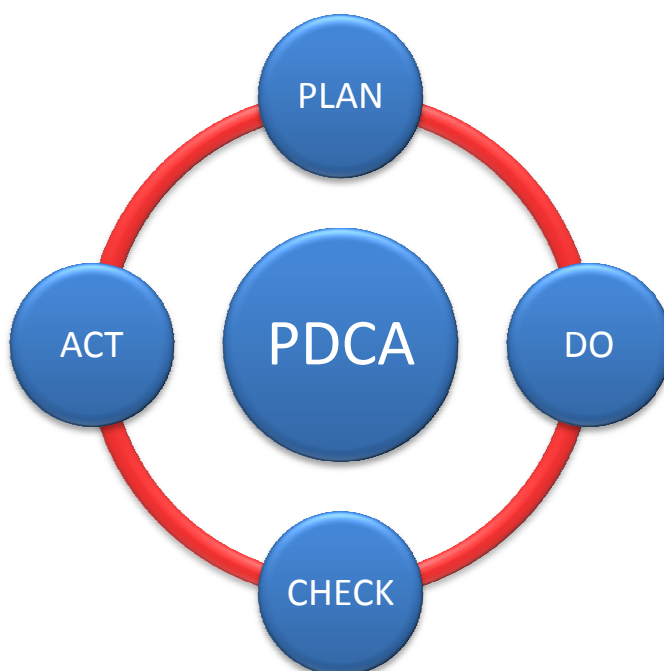
Tento cyklus je vhodný jednoduchý model čtyř kroků (viz Obr. 2.3), 1) Plan (Plánuj), 2) Do (Dělej), 3) Check (Prověř), 4) Act (Zaveď), které napomáhají při vykonávání změn a směřují ke zlepšení procesů. Uspořádání do cyklu umožňuje proces několikrát opakovat, až po dosažení požadovaného výsledku. Je třeba však zdůraznit nutnost dodržení uvedené posloupnosti. Přeskakováním zdánlivě splněných nebo nepodstatných bodů může účinnost práce výrazně snížit. K eliminaci znehodnocování výsledku slouží vedení tzv. „karty změny“ (viz Obr. 2.4) pro každou konkrétní akci veřejným způsobem přímo na pracovištích členy zlepšovacího týmu. [8] [25]

P – Plan: Na začátku procesu se prověřují současné výkonnosti, posuzují případné problémy a jejich příčiny. Dále se shromažďují data a navrhuje možná řešení včetně plánování jejich nejvhodnějšího provedení.

D – Do: Zavedení vybraných návrhů z předchozího procesu.

C – Check: Návrhy se postupně měří a kontrolují. Z výsledků se posuzuje, zda bylo dosaženo plánovaných výsledků nebo jaké problémy a překážky brání zlepšení.

A – Act: Ke konci postupu je snaha základě otestovaných návrhů rozpracovat konečné řešení tak, aby se stalo trvale použitelným a integrovaným novým přístupem.



Obr. 2.3: PDCA cyklus

KROK	OBSAH KROKU	ZODPOVĚDNOST
P - URČENÍ ZÁMĚRU	Analýza situace, sběr dat, určení cílů, postupů a zdrojů	Management, pracovníci z procesu
D - VYKONÁNÍ	Realizace záměru	Pracovníci z procesu
C - KONTROLA	Porovnání nových parametrů s cíli	Pracovníci z procesu
A - AKCE	Standardizace nebo opakování cyklu v závislosti na hodnotách výsledků	Management, pracovníci z procesu

Obr. 2.4: Příklad „karty změny“ [8]

2.4.2 DMAIC

V souvislosti s rozvojem neustálého zlepšování, zvyšování produktivity, efektivity, úrovně kvality a bezpečnosti vznikla metoda DMAIC. Metoda definuje 5 fází, 1) Define (Definuj), 2) Measure (Měř), 3) Analyse (Analyzuj), 4) Improve (Zlepšuj), 5) Control (Řid'), které slouží pro úspěšné zavedení změny nebo řízení projektu určeného ke zlepšování. Jedná se v podstatě o zdokonalený PDCA cyklus rozšířený fází řízení. Jednotlivé fáze metody DMAIC na sebe postupně navazují (viz Obr. 2.5), ale podobně jako u zmíněného cyklu je lze opakovat. Dnes je tato metoda nejpoužívanější především ve filozofii Six Sigma. [17] [26]

D – Define: Tato fáze je koncentrovaná na identifikaci procesu nebo produktu, které potřebujeme zlepšit. Smyslem je:

- definice zákazníka, jeho potřeb a očekávání
- stanovení cílů
- jmenování projektového týmu, organizace a rozdělení úloh
- příprava harmonogramu projektu

M – Measure: Podstatou této fáze je stanovit techniky pro sběr dat současného provedení. Měření nám poodhalí, jak dobře vlastně proces funguje. Výstupem je:

- plán sběru dat, který specifikuje druh a techniku sběru dat
- měřitelné vyhodnocení pro analýzu
- zpracování mapy procesu
- popis současného stavu jednoduše

A – Analyse: Předcházející fáze dává týmu možnost užšího zaměření se na příležitosti pro projekt. Zejména pro:

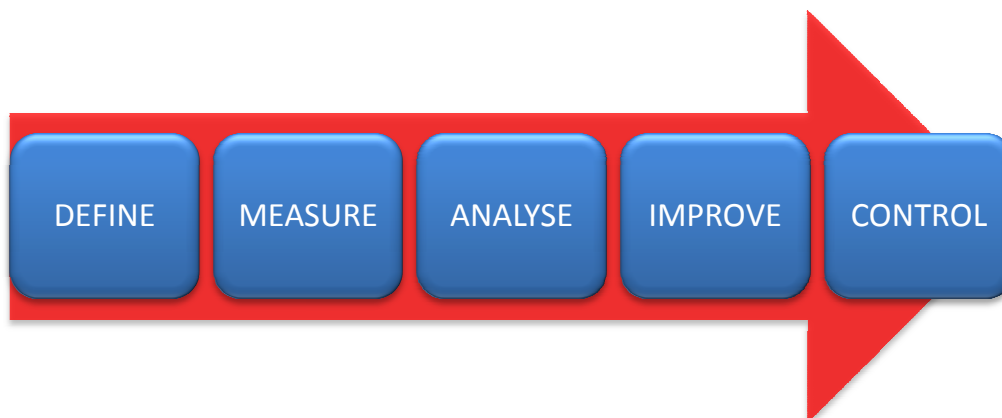
- analýzu hlavní příčiny a vhodných zlepšení
- porovnání současného a cílového stavu
- hledání příčin odchylek

I – Improve: Po správně provedené analýze by měl tým perfektně rozeznat faktory, které ovlivňují projekt. Cílem této fáze je:

- stanovení kritérií a priorit řešení
- generování návrhů pro zlepšení
- návrh na pilotní zlepšení
- realizace návrhu

C – Control: Nakonec řízení zahrnuje monitorování implementovaných zlepšení za účelem udržení přínosů a zajištění nápravných opatření. Smyslem je:

- řízení zlepšeného procesu
- snaha uchovat know-how = standardizace zlepšení
- zabránění zpětnému efektu [14] [17] [26]



Obr. 2.5: Postup fází metody DMAIC [17]

2.5 Layout

Layout představuje prostorové (dispoziční) uspořádání strojů, zařízení, nástrojů, měřidel a úložných míst ve výrobní nebo montážní buňce dle pravidel štíhlé výroby. Nejčastěji je využíván layout ve tvaru U (U-shape cell). Materiálový tok směřuje většinou proti směru otáčení hodinových ručiček, vzdálenost mezi stroji zpravidla minimální a místění první operace (vstup) a poslední operace (výstup) je běžně blízko sebe. [20]

2.5.1 Tvorba layoutu

Zajištění výrobního procesu podniku se odvíjí od efektivního návrhu výrobní základny; tj. výrobního layoutu. Nesprávné navrhování prostorového uspořádání má za následek nepřehledné a přebytečné materiálové toky, zbytečné pohyby pracovníků, plýtvání výrobních ploch apod. V konečném důsledku způsobují zmíněné nedokonalosti zvýšené logistické náklady a tedy i zvýšené celkové výrobní náklady. [24]

Návrh výrobní struktury, který zahrnuje především uspořádání osobních a věcných prvků výrobního procesu v daném prostoru musí zabezpečit:

- pružnou adaptaci výroby na komerční a inovační změny
- co nejhospodárnější průběh výrobního procesu
- přehlednost průběhu výrobního procesu
- využití progresivních manipulačních prostředků
- vytvoření pracovních podmínek v souladu s požadavky na bezpečnost a hygienu

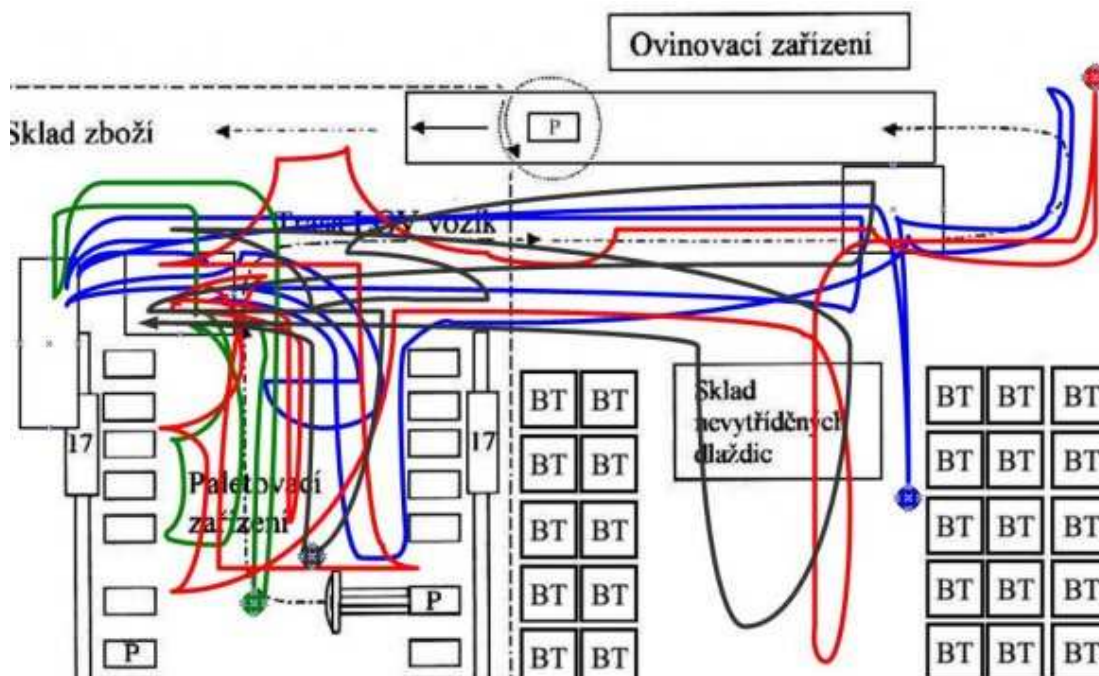
Pokud nahlédneme hlouběji, požadavky pro zvýšení efektivity výrobního systému lze vydefinovat následovně:

- minimalizovat náklady na manipulaci s materiálem
- zefektivnit využití veškerých prostorů
- zefektivnit využití pracovního prostoru
- eliminovat úzké uličky (průchody)
- usnadnit komunikaci a vzájemné působení mezi pracovníky, pracovníky a jejich nadřízenými, či mezi pracovníky a zákazníky
- redukovat časy výrobního cyklu a doby obsluhy
- eliminovat nadbytečné pohyby
- usnadnit vstupy, výstupy a umístění materiálu, produktů a lidí
- začlenit pojistné a ochranné opatření; podpora kvality produktu a servisu
- podporovat aktivity pro řádnou údržbu
- zřídit vizuální kontrolu nad operacemi a aktivitami
- zařídit flexibilitu na přizpůsobení se měnícím se podmínkám [24]

Pro návrh výrobní základny a tím zajištění výše zmíněných požadavků, existuje celá řada metod a softwarových produktů (např. VisTable, Delmia Process Engineer). I přesto, že většina těchto metod nabízí pouze statickou optimalizaci, přináší projektantovi během návrhu přes metodicky strukturované plánování včasné rozpoznání veškerých rizik, vystupující ze špatného návrhu výrobního layoutu, dispozice pracovišť a s tím i související materiálové toky. Včasná eliminace těchto rizik je díky možnosti detailního pohledu (a pohledu v 3D prostředí) na výrobní systém již v počátečních fázích návrhu bez jakéhokoliv zásahu do reálné výroby. [24]

2.5.2 Spaghetti diagram

Jedná se o diagram, který zachycuje pohyb pracovníka materiálu v jistém časovém období. Do layoutu pracoviště se zachycují jeho veškeré pohyby (viz Obr. 2.6). Tento způsob analýzy je snadné uskutečnit při snímkování průběhu práce. Odhalí tak množství chůze mimo pracoviště a může být dobrým podkladem na re-layout. Díky diagramu jednoduše zobrazíme prostor, ve kterém se operátor zdržuje. [12]



Obr. 2.6: Příklad spaghetti diagramu [12]

2.6 Pohybové studie

Princip pohybových studií je založen na rozboru vykonávané práce až do úrovně pracovních pohybů. Lze je tedy efektivně využívat většinou až v podmínkách vyšších typů strojírenských výrob (velkosérie). Při uplatnění zásad rozborové výpočtové metody pro stanovení standardních časů, vycházejí studie z pohybových normativů (normativů prvotních, získaných na základě mnoha tisíc měření v konkrétních, avšak zobecněných podmínkách).

Jedním z prvních rozborů pracovních pohybů byla metoda MTA (Methods Time Analysis - 1924), ve třicátých letech vyvinul The Work Factor System (WF). Dnes jsou používané metody pohybových studií s předem určenými časy jako např. MODAPTS (Modular Arrangement of Predetermined Time Standards), UMS (Universal Maintenance Standards) nebo BMT (Basic Motion Time) a mezi nejrozšířenější patří MTM (Methods Time Measurement) a MOST (Maynard Operation Sequence Technique), obě vyvinuté H.B. Maynardem. [6]

2.6.1 MTM

Methods Time Measurement – měření a analýza manuálních činností na základní pohyby, kterým přiřazuje předdefinovanou časovou normu. Základním pohybem rozumíme soubor úkonů a pohybů, které se pravidelně opakují. Výzkumem těchto pohybů bylo zjištěno, že čas pro jejich uskutečnění je v přiměřených tolerancích stejný. Při analýze těchto základních pohybů se zkoumají takové faktory, které ovlivňují čas potřebný k jejich vykonání. Jsou to především: [1] [11]

- vzdálenost – měřená v [cm]
- hmotnost – vyjádřená v [kg]
- úhel – měřený v šedesátkové soustavě
- typ pohybu

Výstupem MTM analýzy je, podobně jako u většiny systémů s předem definovanými časy, časová jednotka TMU (Time Measurement Unit), která představuje $1/100\,000$ hodiny $\Rightarrow 1\text{ TMU} = 0,036\text{s}$ a $1\text{s} = 27,8\text{ TMU}$

MTM-1 patří mezi nejpodrobnější stupeň provedení procedury MTM pro jakoukoli ruční operaci nebo pracovní metodu. Rozlišuje tři základní skupiny pohybů:

1) pohyby horních končetin (9 podskupin pohybů)

- sáhnout (Reach - R)
- přemístit (Move - M)
- uchopit (Grasp - G)
- pustit, uvolnit (Release - RL)
- umístit, spojit (Position – P)
- obrátit (Turn – T)
- točit (Crank – C)
- oddělit (Disengage – D)
- tlačit (Apply Pressure – AP)

2) pohyby dolních končetin (13 – 15 podskupin pohybů)

3) pohyby očí

- Přemístit zrak (ET)
- Zkoušet (EF)

Získat takto podrobné a přesné hodnoty je příliš pracné, proto se v praxi usiluje o optimální vyvážení nákladů na analýzu a přínosů z ní vyplývajících. Pro efektivní využití metody v malosériové a kusové výrobě byly vyvinuty tzv. vyšší stupně metody MTM-2 a MTM-3 (viz Obr. 2.7). [11]

Stupeň MTM	Členění analýzy	Trvání operace [min]
MTM-1	Základní pohyby	0,1 - 0,5
MTM-2	Komplex pohybů	0,5 - 3
MTM-3	Úkony operace	3 - 30
MTM-4	Úseky operace	30 - 1800
MTM-5	Operace jako celek	víc než 1800

Obr. 2.7: Stupně MTM metody [11]

V dnešní době se využívá pouze deseti základních pohybů a jejich symbolů, které jsou jednotné a mezinárodně platné a vydávané v přehledných normalizovaných tabulkách: [11]

sáhnout – R
přemístit – M
uchopit – G
přehmátnout – G2
pustit – RL
spojit – P
otočit – T
tlačit – AP
přemístit zrak – ET
zkoušet – EF

2.6.2 MOST

Maynard Operation Sequence Technique – je technika sekvenčních operací, vyvinutá na základě rozšířených dat metody MTM a vycházející z podobnosti pořadí podrobných rozborů MTM, bez ohledu na druh manipulovaného objektu. Systém měření práce MOST vychází ze skutečnosti, že fyzikální definice práce ($W = F \times D$, Work = Force x Distance) je především přemísťování objektu (hmoty). Na rozdíl od metody MTM již tedy nejsou primární základní pohyby, ale základní úkony (posloupnost pohybů – sekvence), které jsou prováděny s předmětem i o nulové hmotnosti. Tyto úkony jsou popsány pevným pořadím a tvoří čtyři tzv. univerzální sekvenční modely metody MOST: [6]

- 1) **Obecné přemístění** (the General Move Sequence) – volné prostorové přemístění předmětu
- 2) **Řízené přemístění** (the Controlled Move Sequence) – pohyb předmětu, který je v kontaktu s dalším povrchem nebo je připojen k dalšímu předmětu během přemísťování
- 3) **Použití nástroje** (the Tool Use Sequence) – použití běžného ručního náradí, nástroje a ručního strojku

4) **Použití jeřábu** (the Manual Crane Sequence) – měření času pohybu těžkých předmětů

Přínosy metody MOST:

- velmi příznivý poměr mezi náročností metody a její přesností
- odpadá subjektivita vznikající při přímém měření (stopky)
- možnost definice časů budoucích operací
- identifikace plýtvání během vykonávané práce (vysoké indexy jako podnět pro zlepšení) [15]

Rodina MOST:

Dle délky trvání analyzované činnosti a požadované přesnosti volíme jednu z aplikací MOST:

- Mini MOST (2 – 10 s)
- Basic MOST (10 s – 10 min)
- Maxi MOST (2 min a více)
- Mega MOST (20 min a více)
- Admin MOST (Clerical MOST) – pro použití technicko-administrativních zařízení a činností [6] [15]

2.6.2.1 Obecné přemístění

Obecné přemístění je základní sekvenční model. Zahrnuje volné prostorové přemístění jednoho nebo více předmětů bez překážky volně vzduchem a pohyb těla. Skládá se z pěti základních subaktivit, kterými lze popsat víc jak 50% všech aktivit dílenské výroby:

- 1) Sáhnutí jednou nebo oběma rukama na určitou vzdálenost k předmětu přímo nebo s asistencí těla
- 2) Získání manuální kontroly nad předmětem
- 3) Přemístění předmětu na určitou vzdálenost k bodu umístění přímo nebo s asistencí těla

- 4) Umístění předmětu v dočasné nebo konečné poloze
- 5) Návrat do původního pracovního místa [6]

Těchto pět subaktivit spolu s parametrem pohybu těla tvoří sekvenční model obecného přemístění (viz Obr. 2.8):

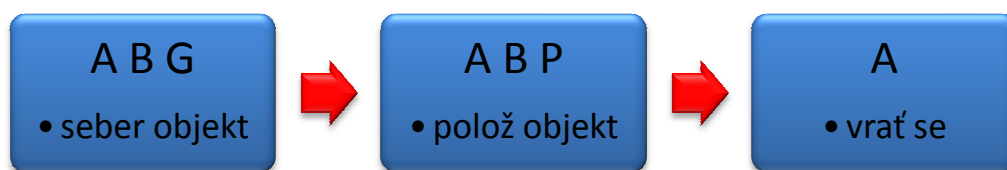
A B G A B P A

A – Action Distance – akce na určitou vzdálenost, převážně horizontální

B – Body Motion – pohyb těla, převážně vertikální

G – Gain Control – získání kontroly nad předmětem všemi manuálními pohyby (prsty, ruka, chodidlo)

P – Placement – umístění, ustavení, orientace, vložení, spojení s jiným předmětem [6]
[10]



Obr. 2.8: Logická sekvence obecného přemístění [10]

Jednotlivé kroky jsou indexovány v řadě 0, 1, 3, 6, 10, 16, které určují náročnost kroků podle standardizovaných tabulek. Jejich součet v sekvenci, zvětšený násobícím faktorem dle druhu MOST (viz Obr. 2.9), nám udává výslednou hodnotu TMU pro danou operaci.

Hodnoty násobících faktorů	
Rodina MOST	násobící faktor
Mini MOST	1
Basic MOST	10
Maxi MOST	100
Mega MOST	1000

Obr. 2.9: Násobící faktory verzí MOST [6]

2.6.2.2 Řízené přemístění

Druhý typ pohybů je reprezentován prostřednictvím řízeného přemístění. Představuje sekvenční model změny polohy předmětu po řízené trase. Pohyb objektu je tedy omezen nejméně v jednom směru kontaktem s vedením, jakým je například stlačení spínače, pohyb předmětu po povrchu jiného apod. Řízeným přemístěním lze popsat přibližně 1/3 aktivit dílenské výroby a jeho sekvenční model má tvar:

A B G M X I A

A – Action Distance – akce na určitou vzdálenost, převážně horizontální

B – Body Motion – pohyb těla, převážně vertikální

G – Gain Control – získání kontroly nad předmětem všemi manuálními pohyby (prsty, ruka, chodidlo)

M – Move Controlled – řízený pohyb, vlastní přemísťování objektu po přesné dráze

X – Process Time – procesní, strojní, aparaturní čas

I – Align, Aligment – vyrovnaní na přesnou pozici na konci řízeného pohybu [6] [10]

2.6.2.3 Použití nástroje

Sekvenční model použití nástroje popisuje využití ručních nástrojů a také aktivity jako upevnění či uvolnění, řezání, čištění, záznam vykonané práce aj. nebo činnosti, které vyžadují uvažování a rozmyšlení. Je sestaven ze subaktivit modelu obecného přemístění:

A B G A B P _ A B P A

A B G – vzít předmět nebo pracovní nástroj

A B P – umístit předmět nebo nástroj do pracovní polohy

(_) – použít nástroj podle daného účelu a technologie

A B P – odložit předmět nebo nástroj do předepsané polohy

A – vrátit se do pracovního místa [6] [10]

Mezera v modelu (použití nástroje) se vyplňuje přímo v jednotkách TMU nebo vložením parametru specifikující činnost nástroje:

F – Fasten – upevnit, utáhnout, upnout

L – Loosen – uvolnit, odepnout, odšroubovat

C – Cut – řezat, obrábět

S – Surface treat – opracování povrchu

M – Measure – měření, kontrola

R – Record – záznam

T – Think – myšlení [6]

Všechny časové hodnoty v systému MOST jsou označovány jako *stoprocentní výkon*, protože reprezentují průměrně zkušeného operátora, pracujícího průměrným výkonem, běžným způsobem. [10]

3. Praktická část

Ve třetí části diplomové práce jsou aplikovány optimalizační metody. Výstupem se pak stávají návrhy plynoucí z těchto metod, které jsou posléze vyhodnocovány pro jejich vhodnost.

3.1 Cíl praktické části

Smyslem této práce je zlepšení (optimalizace) podmontáže výrobní linky na základě plánované inovace v procesu. Byly k tomu použity dříve zmiňované nástroje a postupy.

Podmínky pro realizaci projektu byly zachování maximálních rozměrů původního stavu a taktu linky 40s. Pro postup byla vybrána metoda DMAIC.

3.2 Define – Definuj

V první fázi metody je důležité definování cílů projektu, které byly stanoveny zástupcem firmy Denso. Jedná se především o snížení počtu operátorů v podmontáži a přenesení veškerých dodávaných zásob ze skladu na opačnou stranu linky než stojí operátoři. Podnětem pro tyto cíle byla plánovaná inovace ve formě dohody s firmou Liplastec s.r.o. na dodávání dílu již s kompletními prvními čtyřmi kroky podmontáže.

Cíle:

1. snížení počtu operátorů o třetinu ($3 \rightarrow 2$)
2. úprava pracoviště z hlediska zásob, bezpečnosti práce a rozložení (nový layout)
3. udržení taktu online linky (40s)

3.3 Measure – Měř

V dalším kroku je popsán jednoduše současný stav a jsou sbírána potřebná data pro poodhalení vlastní funkce procesu a získání měřitelného vyhodnocení pro analýzu. V tomto konkrétním případě se především jedná o vzdálenosti (rozměry) a čas.

3.3.1 Layout podmontáže

Na základě měření vzdáleností byl sestaven půdorysný 2D layout (viz Obr 3.1), který zobrazuje rozmístění stolů, stojanů pro bedny s materiálem (CHUT¹) v orientaci na výrobní linku. Podmontáž se skládá ze tří pozic (200, 210, 220):

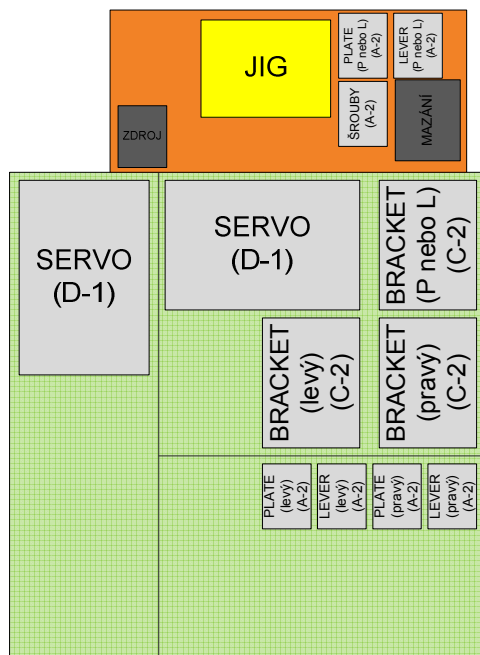


Obr. 3.1: Layout podmontáže

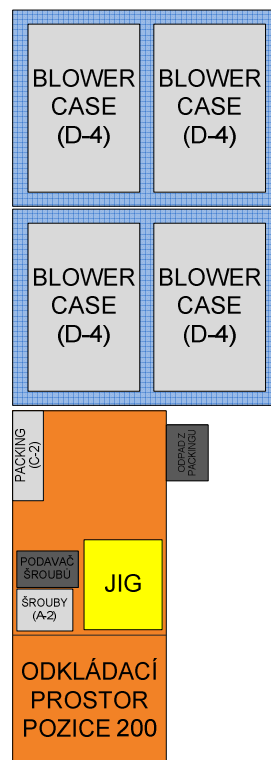
Znázorněný layout je pouze zjednodušený model pracoviště a zachycuje jen krajní (největší) rozměry jednotlivých pracovišť. Pro pozdější optimalizaci je zapotřebí také znalost všech součástí, přípravků a dílů, které do montáže vstupují a jsou její nezbytnou součástí (odkládací prostory, JIGy², mazání apod.). Proto jsou na obrázcích 3.2, 3.3 a 3.4 znázorněny detailní layouts stolů a CHUTů s bednami jednotlivých pozic.

¹ CHUT – rámová konstrukce z plastových kruhových profilů o Ø50 mm

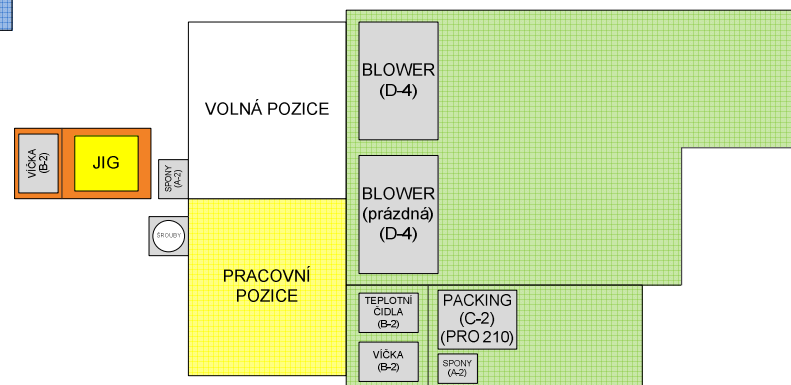
² JIG – montážní přípravek pro uložení dílu



Obr. 3.2: Detail pozice 200



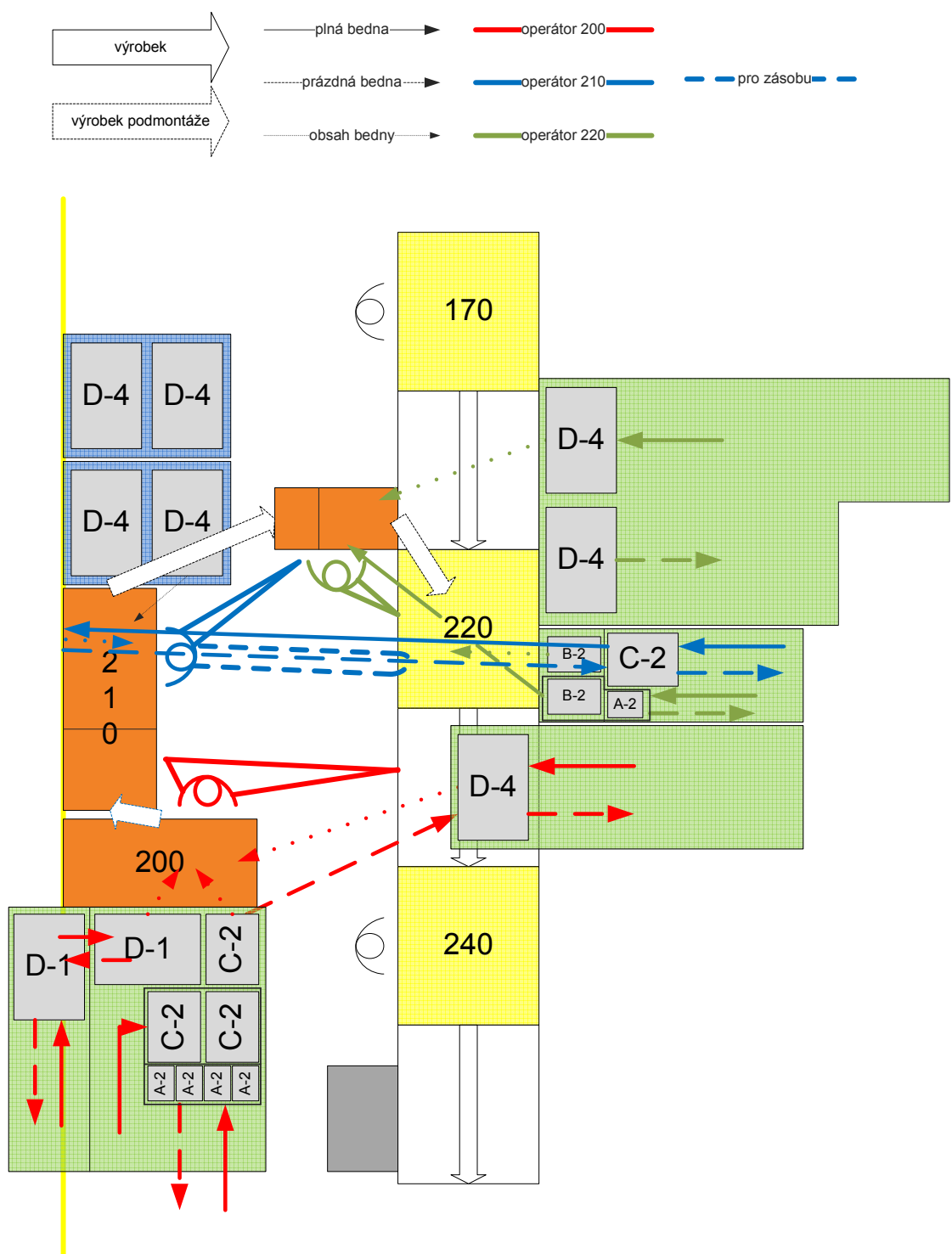
Obr. 3.3: Detail pozice 210



Obr. 3.4: Detail pozice 220

3.3.2 Spaghetti diagram

K bližšímu porozumění pohybu operátorů a materiálu byl sestaven spaghetti diagram (viz Obr 3.5). Znáznorňuje, na jakém prostoru se operátoři pohybují a jakým směrem “teče” materiál.

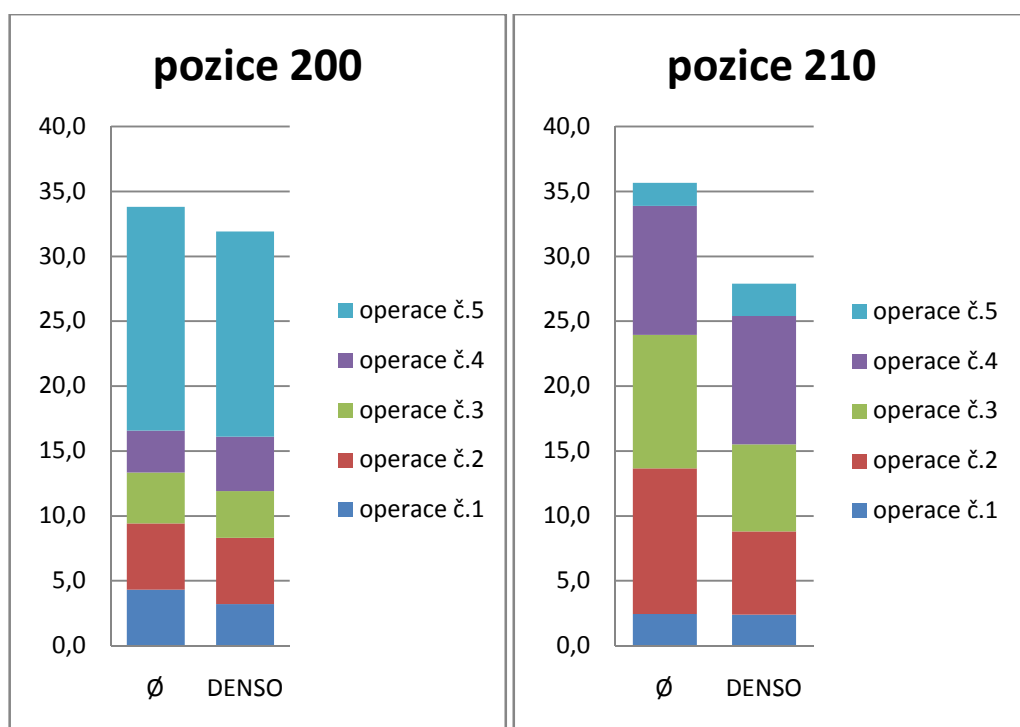


Obr. 3.5: Spaghetti diagram podmontáže

3.3.3 Měření výrobních časů

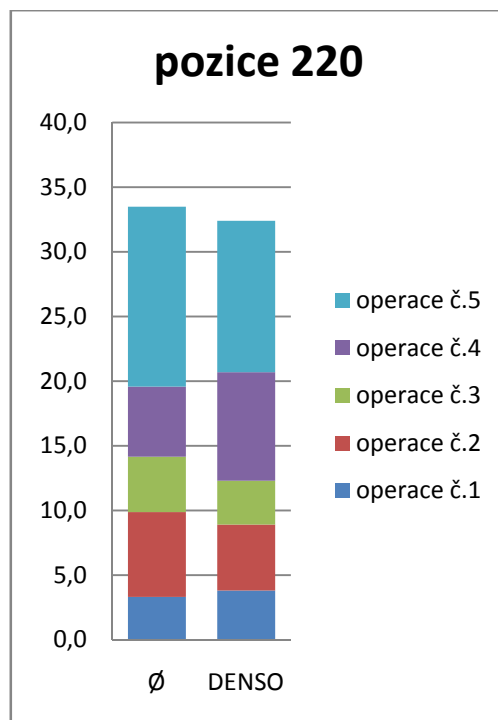
Následně byly naměřeny výrobní časy všech tří pozic. Jednotlivé pozice byly rozděleny na pět operací tak, aby začátek a konec operace byl pozorovatelem postřehnutelný a jasně určený pozicí nebo pohybem operátora. Pro přesnější hodnoty časů byla každá operace měřena v deseti cyklech. K měření byly použity ruční digitální stopky.

Výsledné hodnoty z měření byly zaznamenány do tabulek (viz *Příloha III*) a grafů (viz Obr. 3.6, 3.7, 3.8). Každý graf porovnává průměrné hodnoty z deseti měření stopkami (Ø) s tabulkovými hodnotami, které byly naměřeny a poskytnuty firmou Denso.



Obr. 3.6: Sloupcový graf pozice 200

Obr. 3.7: Sloupcový graf pozice 210



Obr. 3.8: Sloupkový graf pozice 220

3.3.4 MOST analýza

Z důvodu možnosti nepřesností, které sebou metoda měření ručními stopkami nese, byla na operace pozic provedena MOST analýza, tedy metoda předem určených časů. Dle standardizovaných tabulkových údajů (viz *Příloha II*) byly jednotlivé operace pozic rozloženy do menších kroků, sekvencí MOSTu a zaznamenány to tabulek (viz Obr. 3.9, 3.10, 3.11).

Při srovnání výsledků měření ručními stopkami s metodou předem určených časů, bylo rozhodnuto, že hodnoty MOST analýzy budou používány i pro vyhodnocování návrhů.

SOUČASNÝ STAV - 200														
operace	krok	kroky								Σ	četnost	Basic MOST	TMU	čas [s]
		obecné přemístění	A	B	G	A	B	P	A					
1	1	běž k bedně s DISTRIBUTOR, uchop, vrať se ke stolu, ulož od JIGu	3	0	1	3	0	1	0	8	1	10	80	2,88
2	2	vezmi PLATE a BRACKET, namaž PLATE	1	0	1	1	0	3	0	6	1	10	60	2,16
2	3	vezmi PLATE, spoj s BRACKET	0	0	1	1	0	3	0	5	1	10	50	1,80
3	4	vezmi LEVER, namaž	1	0	1	1	0	3	0	6	1	10	60	2,16
3	5	vezmi LEVER, spoj s BRACKET	0	0	1	1	0	3	0	5	1	10	50	1,80
4	6	vezmi SERVO, spoj s kompletním BRACKETem	1	0	1	1	0	3	0	6	1	10	60	2,16
4	7	komplet SERVO a BRACKET ulož na DISTRIBUTOR	0	0	0	1	0	3	0	4	1	10	40	1,44
5	8	vezmi 6x šroub, přilož k šroubováku	1	0	1	1	0	1	0	4	6	10	240	8,64
		řízené přemístění	A	B	G	M	X	I	A					
5	9	šroubuj 6x	1	0	0	1	1	1	0	4	6	10	240	8,64
		obecné přemístění	A	B	G	A	B	P	A					
5	10	odlož kompletní SÁNÍ	1	0	1	1	0	1	1	5	1	10	50	1,80
												čas celkem	33,48	

Obr. 3.9: MOST analýza pozice 200

SOUČASNÝ STAV - 210														
operace	krok	kroky									četnost	Basic MOST	TMU	čas [s]
		obecné přemístění	A	B	G	A	B	P	A	Σ				
1	1	vezmi BLOWER CASE, ulož do JIGu	1	0	1	1	0	1	0	4	1	10	40	1,44
2	2	vezmi kryt, polož na BLOWER CASE	1	0	1	1	0	1	0	4	1	10	40	1,44
		řízené přemístění	A	B	G	M	X	I	A					
2	3	šroubuj 4x s podavačem šroubů	1	0	1	1	1	1	0	5	4	10	200	7,20
		obecné přemístění	A	B	G	A	B	P	A					
2	4	odlož kryt	1	0	1	1	0	1	0	4	1	10	40	1,44
3	5	vezmi SÁNÍ, nasad' na BLOWER CASE	1	0	1	1	0	3	0	6	1	10	60	2,16
		řízené přemístění	A	B	G	M	X	I	A					
3	6	šroubuj 3x s podavačem šroubů	1	0	1	1	1	1	0	5	3	10	150	5,40
		obecné přemístění	A	B	G	A	B	P	A					
4	7	vezmi PACKING, odstraň kryt lepicí části	1	0	1	1	0	1	0	4	1	10	40	1,44
4	8	nalep PACKING na kus	1	0	1	1	3	6	0	12	1	10	120	4,32
5	9	odlož kompletní BLOWER CASE do JIGu pozice 220 otočený o 180°	1	0	1	3	0	1	3	9	1	10	90	3,24
													čas celkem	28,08

Obr. 3.10: MOST analýza pozice 210

SOUČASNÝ STAV - 220															
operace	krok	kroky									Σ	četnost	Basic MOST	TMU	čas [s]
		obecné přemístění	A	B	G	A	B	P	A						
1	1	vezmi BLOWER, nasad' na BLOWER CASE	1	0	1	1	0	3	0	6	1	10	60	2,16	
2	2	vezmi SPONU, nasad' na BLOWER	1	0	1	1	0	3	0	6	1	10	60	2,16	
2	3	vezmi VÍČKO, nasad' na BLOWER	1	0	1	1	0	3	0	6	1	10	60	2,16	
3	4	vezmi kompletní BLOWER, ulož na linku	1	0	3	3	0	6	0	13	1	10	130	4,68	
4	5	vezmi TEPLOTNÍ ČIDLO, namontuj	1	0	1	1	3	6	0	12	1	10	120	4,32	
5	6	vezmi 3x šroub, přilož k šroubováku	1	0	1	1	0	1	0	4	3	10	120	4,32	
		řízené přemístění	A	B	G	M	X	I	A						
5	7	šroubuj 3x	1	0	1	1	1	1	0	5	3	10	150	5,40	
		obecné přemístění	A	B	G	A	B	P	A						
5	8	proved' kontrolu TEPLOTNÍHO ČIDLA	1	0	1	1	3	3	1	10	1	10	100	3,60	
5	9	odešli kus, vrať se ke stolu	1	0	0	1	0	0	3	5	1	10	50	1,80	
												čas celkem	30,60		

Obr. 3.11: MOST analýza pozice 220

Fáze měření dala přesnější představu o funkci a rozmístění podmontáže. Je znám již layout, který udává maximální prostor, na kterém je možno s optimalizací pracovat. Také jsou známy časy jednotlivých operací a kroků, které jsou během výroby prováděny a které umožní lépe popsat zaváděnou inovaci.

3.4 Analyse – Analyzuj

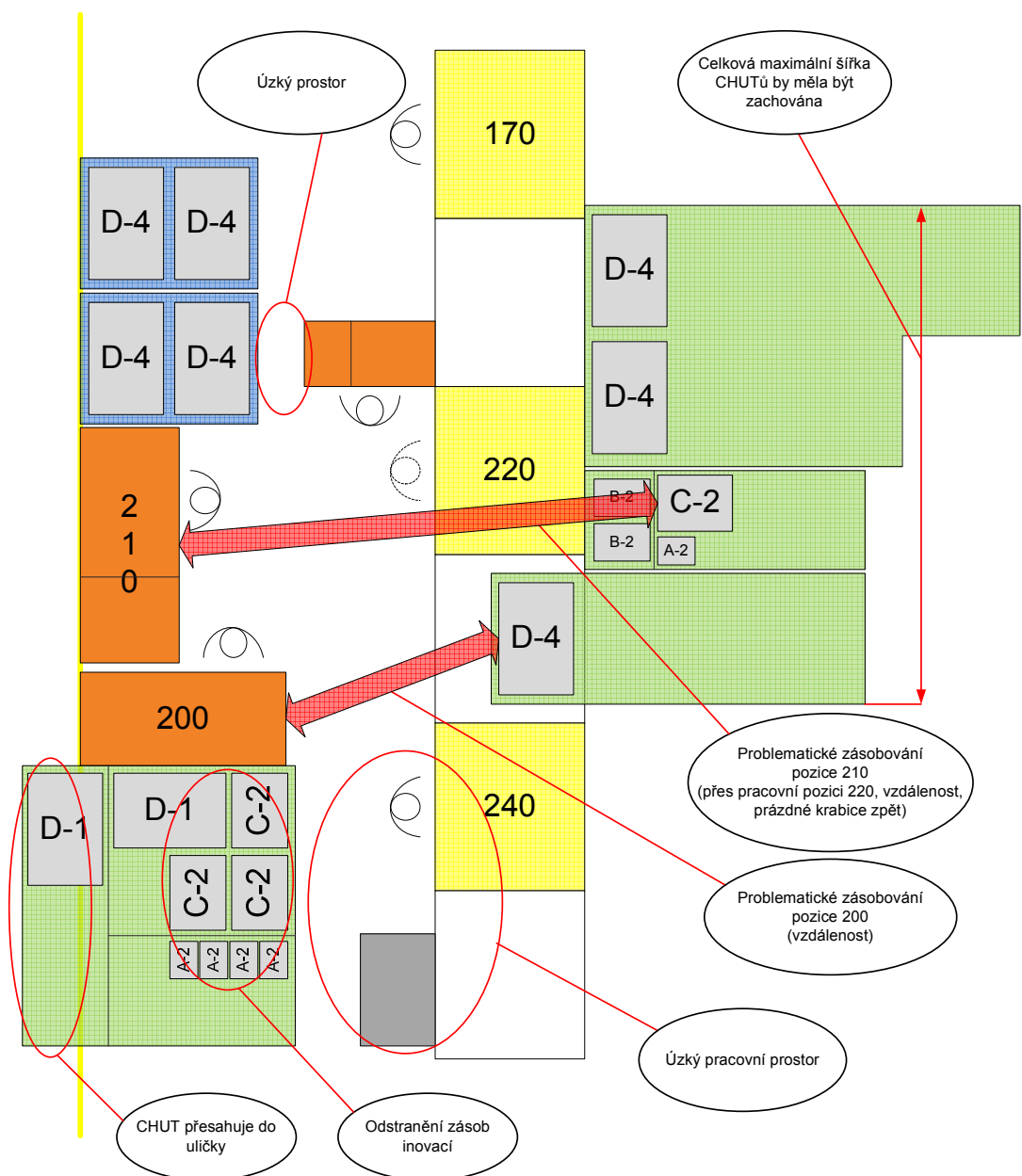
Ve fázi analýzy bude prozkoumán důvod optimalizace, tedy příčiny nevhodnosti současného stavu a příležitosti pro projekt ke zlepšení stávajícího uspořádání. Tyto příležitosti by měly vycházet z cílů projektu a prvního kroku metody DMAIC – Define.

3.4.1 Analýza současného stavu

Nejvýraznějším důvodem prováděné optimalizace je plánovaná inovace dodávání dílu v novém provedení a tím zrušení několika operací v postupu montáže pozice 200. Ta je v současné době dle MOST analýzy úzkým místem podmontáže.

Dalšími podněty se staly nedostatky odvozené z nevhodného současného uspořádání (layoutu) podmontáže (viz Obr 3.12):

- zásoba na obou stranách linky
- rozměry CHUTů
- rozmístění zásob
- úzké prostory



Obr. 3.12: Nedostatky v současném uspořádání

3.4.2 Porovnání současného a cílového stavu

V dalším kroku fáze analýzy bylo předmětem zkoumání porovnání současného stavu s cílovým a hledání příčin odchylek.

Hlavním rozdílem se stane velikost zásob pozice 200 vlivem inovace a zároveň projektem požadovaná redukce operátorů ze tří na dva. Z analýzy současného stavu v porovnání s cílovým je téměř jasné, že jedním z hlavních návrhů řešení bude re-layout.

3.5 Improve – Zlepšuj

Z předchozího kroku jsou známy nedostatky a předměty k optimalizaci. Ve fázi zlepšování byly předkládány návrhy a hodnocena vhodnost jejich použití na základě priorit a kritérií optimalizace. Jednoznačnou prioritou projektu je snížení počtu operátorů. Dále přítomnost všech operátorů linka na jedné straně a zásob ze skladu na druhé. Součástí této fáze je také návrh na pilotní řešení.

3.5.1 Návrhy řešení

V závislosti na hlavních rozdílech mezi současným a cílovým stavem byly představeny možné návrhy řešení. Tyto návrhy by se měly nejen nejvíce přibližovat cílovému stavu, ale v ideálním případě také odstraňovat veškeré nedostatky, které vyplynuly z analýzy současného uspořádání layoutu. Pro všechny návrhy byla použita MOST analýza.

3.5.2 Návrh 1

Krok 1:

První krok se zabývá řešením otázky počtu operátorů. V důsledku inovace odpadají pozici 200 dvě operace (pět kroků MOST analýzy) a snížil se počet montovaných šroubů na dva. Tím se zmenšily zásoby a snížil se výrobní čas. Aplikace MOST analýzy na inovovanou pozici ukazuje nový výrobní čas pozice 200 při zachování současného layoutového uspořádání (viz Obr 3.12).

INOVACE - 200														
ope- race	krok	kroky									čet- nost	Basic MOST	T M U	čas [s]
		obecné přemístění	A	B	G	A	B	P	A	Σ				
1	1	běž k bedně s NOVÝM DISTRIBUTOREM, uchop, vrať se ke stolu, ulož od JIGu	3	0	1	3	0	1	0	8	1	10	80	2,88
4	2	vezmi SERVO, ulož na NOVĚ KOMPLETNÍ DISTRIBUTOR	1	0	1	1	0	3	0	6	1	10	60	2,16
5	3	vezmi 2x šroub, přilož k šroubováku	1	0	1	1	0	1	0	4	2	10	80	2,88
		řízené přemístění	A	B	G	M	X	I	A					
5	4	šroubuj 2x	1	0	0	1	1	1	0	4	2	10	80	2,88
		obecné přemístění	A	B	G	A	B	P	A					
5	5	odlož kompletní SÁNÍ	1	0	1	1	0	1	1	5	1	10	50	1,80
čas celkem													12,60	

Obr. 3.12: MOST analýza pozice 200 po inovaci

Snížení výrobního času pozice 200 na více než třetinu a přesunutí úzkého místa na pozici 220, nabízí při zachování pořadí operací možnost sloučení s pozicí 210 a tedy obsluhu dvou původních pracovišť jedním operátorem. Práce jednoho operátora při nezměněném uspořádání (1.1) by však byla vyšší, než je požadovaný takt linky (1.2):

$$12,60 + 28,08 = 40,68 \quad (1.1)$$

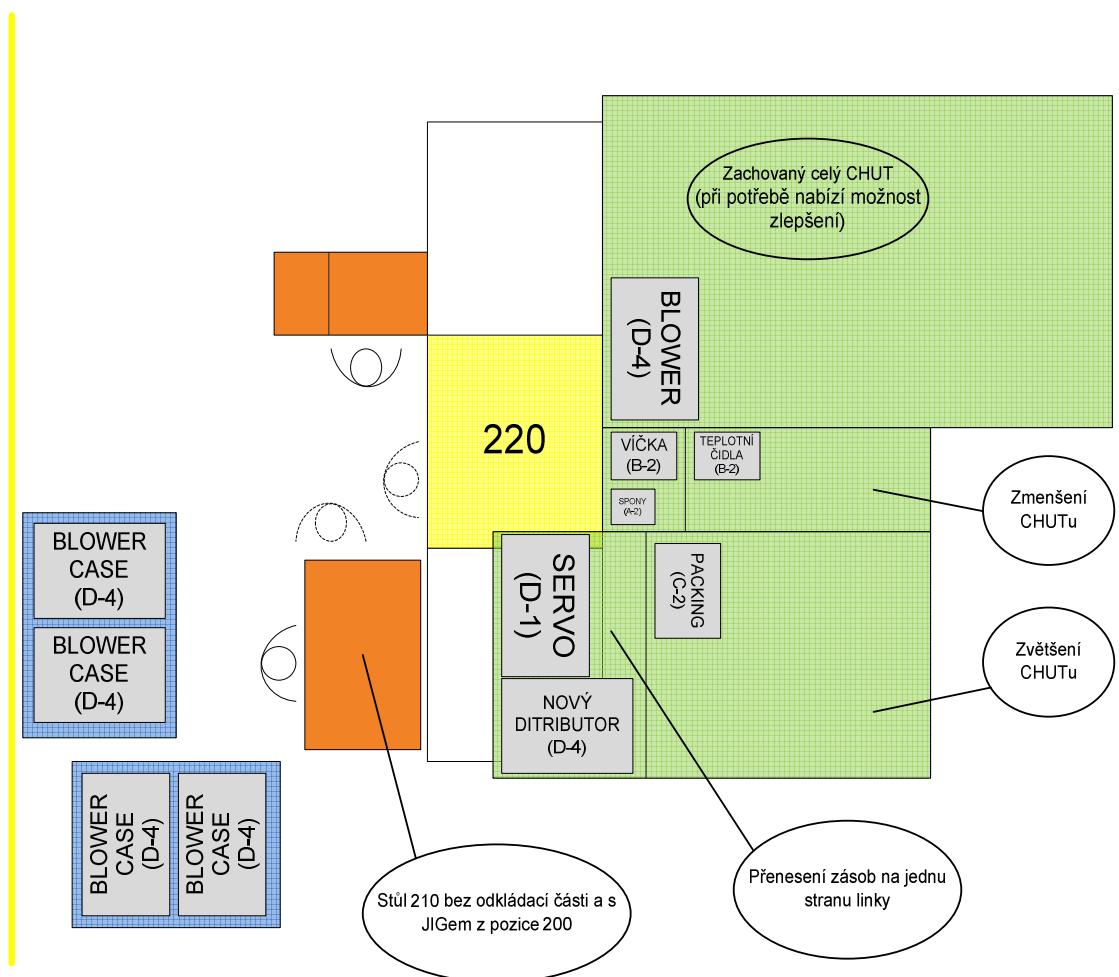
$$40,68s > 40s \quad (1.2)$$

Přesah taktu linky je však velice nízký a jeho hodnota se pravděpodobně výrazně sníží při novém rozmístění podmontáže, které je také plánovanou součástí projektu. Krok 1, sloučení pozic 200 a 210, je tedy ponechán jako výchozí i pro nové uspořádání a první cíl z fáze Define, redukce operátorů, je splněn.

Krok 2:

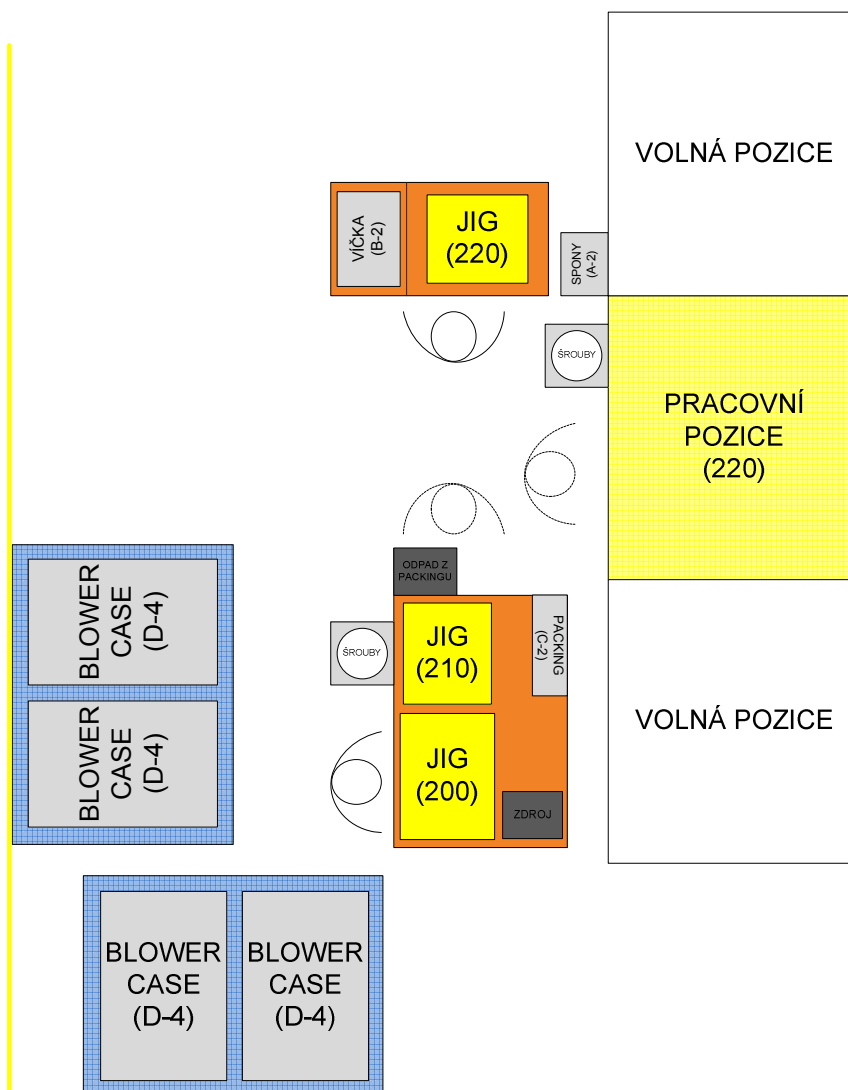
Jak bylo již zmíněno ve fázích definování a analýzy, je také nezbytným krokem re-layout pracoviště, tedy nové uspořádání pracoviště. Vedle snížení výrobního času z kroku 1, zde bylo předmětem ke zlepšení řešení křížení drah při pohybu operátorů, vzdálenost zásob pozice 200 a 210, velikost CHUTů a úzké prostory pro pohyb.

Krok 2 je založen na novém uspořádání sloučené pozice 200+210, zachování pozice 220 a odstranění zásob a přípravku pro mazání pozice 200 před inovací.



Obr. 3.13: Layout kroku 2

V novém uspořádání (viz Obr. 3.13 a 3.14) byl použit pracovní stůl pozice 210. Byla z něj odstraněna odkládací část pozice 200 a volné místo na stole (původní místo odkládání pozice 210) bylo vyplněno JIGem z pozice 200. Dále byl odstraněn podavač šroubů, neboť JIG pozice 200 má vysoké ostré boční stěny a pracovníka zpomalilo soustředěné vyhýbání. Přesun výrobku do JIGu pozice 220 nyní obstarává operátor této pozice.



Obr. 3.14: Detail kroku 2

Dále byla provedena MOST analýza, pro zjištění výrobního času nově vytvořené pozice 200+210 (viz Obr. 3.15, 3.16). Všechny materiály je nyní v dosahu, ale změnil se pohyb operátora pozice 220.

NÁVRH 1.2 - 200+210													
krok	kroky								Σ	četnost	Basic MOST	TMU	čas [s]
	obecné přemístění	A	B	G	A	B	P	A					
1	vezmi NOVÝ DISTRIBUTOR, ulož od JIGu	1	0	1	1	0	1	0	4	1	10	40	1,44
2	vezmi SERVO, ulož na NOVÝ DISTRIBUTOR	1	0	1	1	0	3	0	6	1	10	60	2,16
3 (7)	vezmi 2x (4x) šroub, přilož k šroubováku	1	0	1	1	0	1	0	4	6	10	240	8,64
	řízené přemístění	A	B	G	M	X	I	A					
4 (8)	šroubuj 2x (4x)	1	0	0	1	1	1	0	4	6	10	240	8,64
	obecné přemístění	A	B	G	A	B	P	A					
5	vezmi BLOWER CASE, ulož do vedlejšího JIGu	1	0	1	1	0	1	0	4	1	10	40	1,44
6	vezmi kryt, polož na BLOWER CASE	1	0	1	1	0	1	0	4	1	10	40	1,44
9	odlož kryt	1	0	1	1	0	1	0	4	1	10	40	1,44
10	vezmi SÁNÍ z vedlejšího JIGu, nasad' na BLOWER CASE	1	0	1	1	0	3	0	6	1	10	60	2,16
11	vezmi 3x šroub, přilož k šroubováku	1	0	1	1	0	1	0	4	3	10	120	4,32
	řízené přemístění	A	B	G	M	X	I	A					
12	šroubuj 3x	1	0	0	1	1	1	0	4	3	10	120	4,32
13	vezmi PACKING, odstraň kryt lepicí části	1	0	1	1	0	1	0	4	1	10	40	1,44
14	nalep PACKING na kus	1	0	1	1	3	6	1	13	1	10	130	4,68
čas celkem												42,12	

Obr. 3.15: MOST analýza kroku 2 pozice 200+210

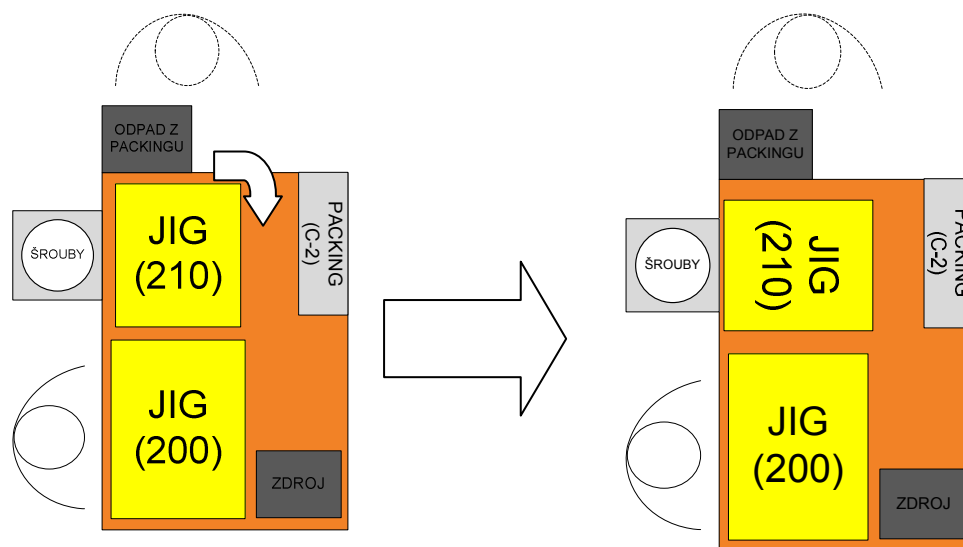
NÁVRH 1.2 - 220													
krok	kroky								Σ	četnost	Basic MOST	TMU	čas [s]
	obecné přemístění	A	B	G	A	B	P	A					
1	vezmi kompletní BLOWER CASE a ulož do JIGu pozice 220 otočený o 180°	1	0	1	3	0	1	0	6	1	10	60	2,16
2	vezmi BLOWER, nasad' na BLOWER CASE	1	0	1	1	0	3	0	6	1	10	60	2,16
3	vezmi SPONU, nasad' na BLOWER	1	0	1	1	0	3	0	6	1	10	60	2,16
4	vezmi VÍČKO, nasad' na BLOWER	1	0	1	1	0	3	0	6	1	10	60	2,16
5	vezmi kompletní BLOWER, ulož na linku	1	0	3	3	0	6	0	13	1	10	130	4,68
6	vezmi TEPLTNÍ ČIDLO, namontuj	1	0	1	1	3	6	0	12	1	10	120	4,32
7	vezmi 3x šroub, přilož k šroubováku	1	0	1	1	0	1	0	4	3	10	120	4,32
	řízené přemístění	A	B	G	M	X	I	A					
8	šroubuj 3x	1	0	1	1	1	1	0	5	3	10	150	5,40
	obecné přemístění	A	B	G	A	B	P	A					
9	proved' kontrolu TEPLTNÍHO ČIDLA	1	0	1	1	3	3	1	10	1	10	100	3,60
10	odešli kus, běž ke stolu 200+210	1	0	0	1	0	0	3	5	1	10	50	1,80
čas celkem													32,76

Obr. 3.16: MOST analýza kroku 2 pozice 220

Pravděpodobně z důvodu odstranění podavače šroubů, je výsledný pracovní čas sloučené pozice 200+210 o zhruba 1.5s delší (než se předpokládalo v kroku 1) i přesto, že operátor již nedělá zbytečné pohyby (kroky) navíc. Čas pozice 220 se také o dvě vteřiny zvětšil z důvodu manipulace s výrobkem do příslušného JIGu avšak odsunul vlastnost úzkého místa na nově sloučenou pozici. Nicméně krok 2 dosáhl druhého požadovaného cíle, úpravy pracoviště z hlediska zásob a rozložení.

Krok 3:

V kroku 2 je pozice 200+210 ještě více nad požadovaným taktům linky, zatímco pozice 220 je téměř 7s pod taktům. Pro další vývoj bylo tedy navrženo přesunutí kroků 13 a 14 pozice 200+210 (lepení PACKINGU) pozici 220. V rozmístění pracoviště to znamenalo pouze otočení JIGu 210 o 90°, aby strana, kam se PACKING lepí, směřovala na pozici 220 (viz Obr. 3.17). Přístup k ostatním krokům se tímto nezmění ani nijak neomezí.



Obr. 3.17: Změna polohy JIGu v kroku 3

Po opětovném provedení MOST analýzy (viz Obr. 3.18, 3.19) při přesunu výrobních kroků lepení PACKINGU, bylo dosaženo posledního definovaného cíle projektu, udržení taktu online linky a obě pozice drží své výrobní časy pod 40s. Úzké místo se přesouvá zpět na pozici 220.

NÁVRH 1.3 - 200+210													
krok	kroky								Σ	četnost	Basic MOST	TMU	čas [s]
	obecné přemístění	A	B	G	A	B	P	A					
1	vezmi NOVÝ DISTRIBUTOR, ulož od JIGu	1	0	1	1	0	1	0	4	1	10	40	1,44
2	vezmi SERVO, ulož na NOVÝ DISTRIBUTOR	1	0	1	1	0	3	0	6	1	10	60	2,16
3 (7)	vezmi 2x (4x) šroub, přilož k šroubováku	1	0	1	1	0	1	0	4	6	10	240	8,64
	řízené přemístění	A	B	G	M	X	I	A					
4 (8)	šroubuj 2x (4x)	1	0	0	1	1	1	0	4	6	10	240	8,64
	obecné přemístění	A	B	G	A	B	P	A					
5	vezmi BLOWER CASE, ulož do vedlejšího JIGu	1	0	1	1	0	1	0	4	1	10	40	1,44
6	vezmi kryt, polož na BLOWER CASE	1	0	1	1	0	1	0	4	1	10	40	1,44
9	odlož kryt	1	0	1	1	0	1	0	4	1	10	40	1,44
10	vezmi SÁNÍ z vedlejšího JIGu, nasad' na BLOWER CASE	1	0	1	1	0	3	0	6	1	10	60	2,16
11	vezmi 3x šroub, přilož k šroubováku	1	0	1	1	0	1	0	4	3	10	120	4,32
	řízené přemístění	A	B	G	M	X	I	A					
12	šroubuj 3x	1	0	0	1	1	1	0	4	3	10	120	4,32
											čas celkem		36,00

Obr. 3.18: MOST analýza kroku 3 pozice 200+210

NÁVRH 1.3 - 220													
krok	kroky								Σ	četnost	Basic MOST	TMU	čas [s]
	obecné přemístění	A	B	G	A	B	P	A					
1	vezmi PACKING, odstraň kryt lepicí části	1	0	1	1	0	1	0	4	1	10	40	1,44
2	nalep PACKING na kus	1	0	1	1	3	6	1	13	1	10	130	4,68
3	vezmi kompletní BLOWER CASE a ulož do JIGu pozice 220 otočený o 180°	1	0	1	3	0	1	0	6	1	10	60	2,16
4	vezmi BLOWER, nasad' na BLOWER CASE	1	0	1	1	0	3	0	6	1	10	60	2,16
5	vezmi SPONU, nasad' na BLOWER	1	0	1	1	0	3	0	6	1	10	60	2,16
6	vezmi VÍČKO, nasad' na BLOWER	1	0	1	1	0	3	0	6	1	10	60	2,16
7	vezmi kompletní BLOWER, ulož na linku	1	0	3	3	0	6	0	13	1	10	130	4,68
8	vezmi TEPLOTNÍ ČIDLO, namontuj	1	0	1	1	3	6	0	12	1	10	120	4,32
9	vezmi 3x šroub, přilož k šroubováku	1	0	1	1	0	1	0	4	3	10	120	4,32
	řízené přemístění	A	B	G	M	X	I	A					
10	šroubuj 3x	1	0	1	1	1	1	0	5	3	10	150	5,40
	obecné přemístění	A	B	G	A	B	P	A					
11	proved' kontrolu TEPLOTNÍHO ČIDLA	1	0	1	1	3	3	1	10	1	10	100	3,60
12	odešli kus, běž ke stolu 200+210	1	0	0	1	0	0	3	5	1	10	50	1,80
čas celkem												38,88	

Obr. 3.19: MOST analýza kroku 3 pozice 200

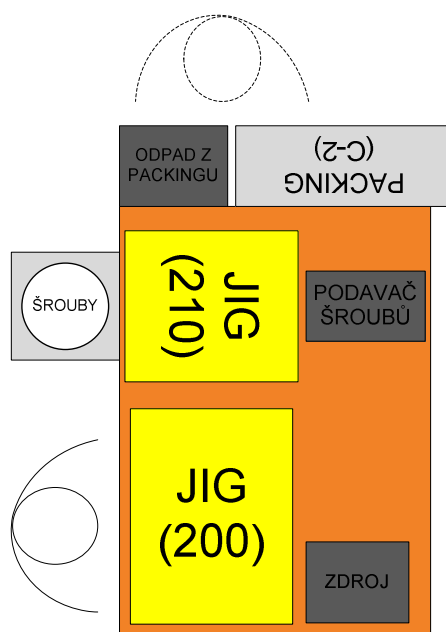
3.5.3 Návrh 2

Předchozí návrh splnil všechny požadované cíle. Byl zaměřen převážně na důsledné dodržení podmínek a obsahu projektového zadání. Jak již bylo řečeno, smyslem fáze Improve je generování návrhů a nápadů na zlepšení a dále zhodnocení jejich vhodnosti použití. Návrh 1 je vhodný, ale jistě ne jediný možný.

Dalším postupem je tedy návrh 2. Po úvaze bylo rozhodnuto, že nový návrh bude vycházet z návrhu 1 – sloučením pozic 200 a 210, rozložením pracoviště a přesunu operace lepení PACKINGu na pozici 220. Ve fázi Measure je z Obr. 3.6-8 patrné, že téměř na všech původních pozicích zabírá největší část výrobních časů proces šroubování. Dále z provedené MOST analýzy (viz Obr. 3.9 a 3.10) vyplývá, že operace šroubování šesti šroubů bez podavače je delší než operace se sedmi šrouby s podavačem (1.3):

$$17,28s > 7,20s + 5,40s = 12,60s \quad (1.3)$$

Podavač šroubů byl však v návrhu 1 odstraněn z důvodu prostoru na pracovním stole a tvaru JIGu 200. Koncepce stávajícího návrhu se tedy opírá o ponechání podavače.



Obr. 3.20: Rozložení stolu v návrhu 2

NÁVRH 2 - 200+210													
krok	kroky								Σ	četnost	Basic MOST	TMU	čas [s]
	obecné přemístění	A	B	G	A	B	P	A					
1	vezmi NOVÝ DISTRIBUTOR, ulož od JIGu	1	0	1	1	0	1	0	4	1	10	40	1,44
2	vezmi SERVO, ulož na NOVÝ DISTRIBUTOR	1	0	1	1	0	3	0	6	1	10	60	2,16
3	vezmi 2x šroub, přilož k šroubováku	1	0	1	1	0	1	0	2	6	10	120	4,32
	řízené přemístění	A	B	G	M	X	I	A					
4	šroubuj 2x	1	0	0	1	1	1	0	2	6	10	120	4,32
	obecné přemístění	A	B	G	A	B	P	A					
5	vezmi BLOWER CASE, ulož do vedlejšího JIGu	1	0	1	1	0	1	0	4	1	10	40	1,44
6	vezmi kryt, polož na BLOWER CASE	1	0	1	1	0	1	0	4	1	10	40	1,44
	řízené přemístění	A	B	G	M	X	I	A					
7	šroubuj 4x s podavačem šroubů	1	0	1	1	1	1	0	5	4	10	200	7,20
	obecné přemístění	A	B	G	A	B	P	A					
8	odlož kryt	1	0	1	1	0	1	0	4	1	10	40	1,44
9	vezmi SÁNÍ z vedlejšího JIGu, nasad' na BLOWER CASE	1	0	1	1	0	3	0	6	1	10	60	2,16
	řízené přemístění	A	B	G	M	X	I	A					
10	šroubuj 3x s podavačem šroubů	1	0	1	1	1	1	0	5	3	10	150	5,40
čas celkem												31,32	

Obr. 3.21: MOST analýza návrhu 2

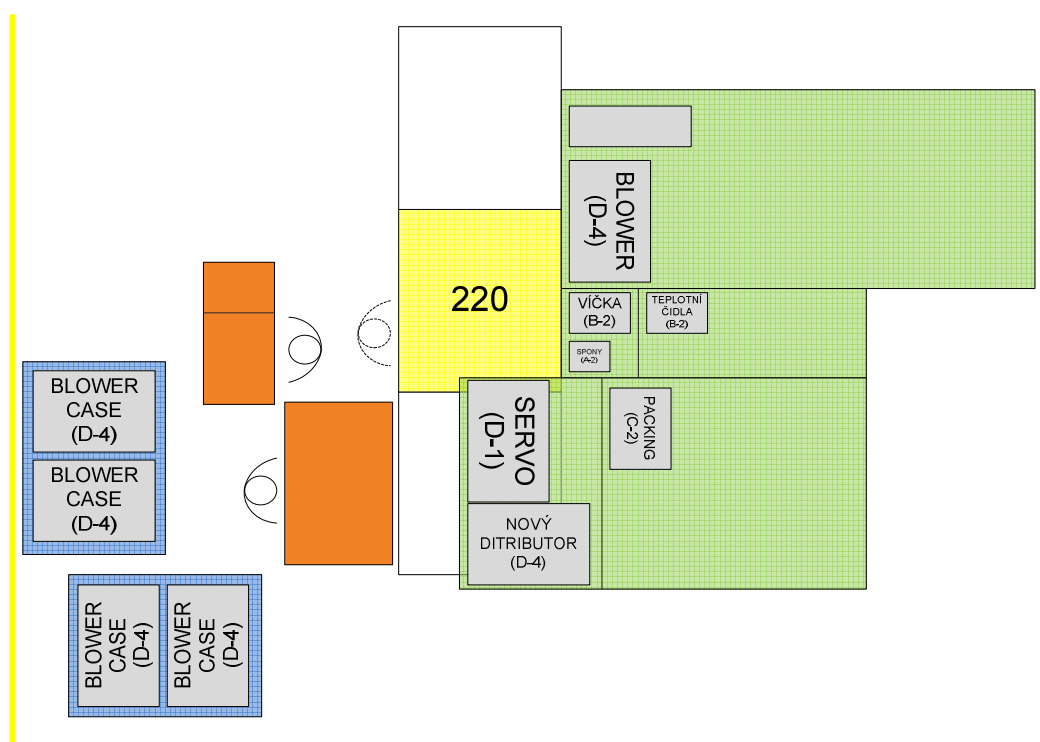
Návrh 2 ponechává podavač šroubů v layoutu stolu sloučené pozice 200+210. Musela být vytvořena nová odkládací pozice pro PACKING připojená ke stolu. Ta je nyní přístupnější operátorovi pozice 220 avšak i nadále nebrání v jeho pohybu při montáži na online pozici (viz Obr. 3.20). Podavač je používán pouze na místě JIGu 210, jak již bylo zmíněno dříve, JIG 200 jeho použití svým tvarem neumožňuje (vysoké ostré hrany).

Aplikovaná MOST analýza na pozici 200+210 ukazuje, že podavač snižuje její výrobní čas o téměř 4,68 vteřin.

3.5.4 Návrh 3

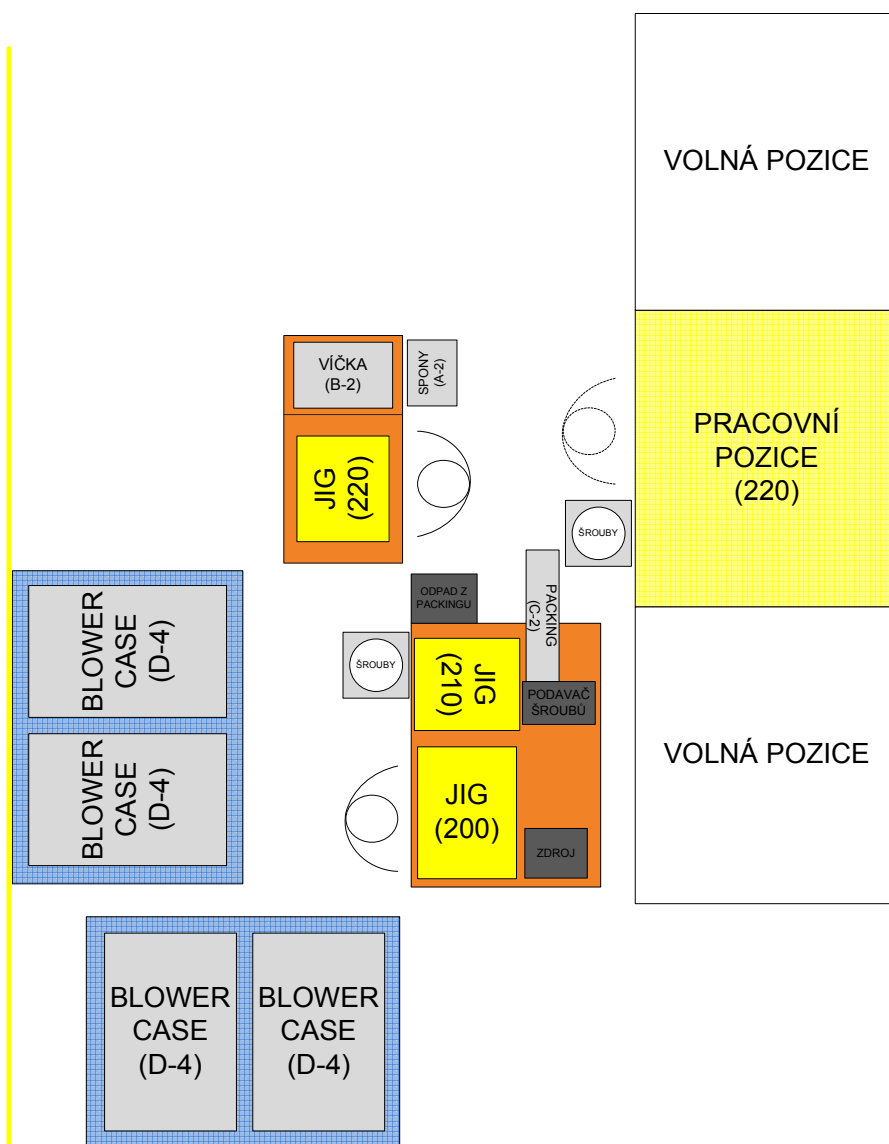
Pozice 220 nepodléhá v předchozích návrzích žádným layoutovým změnám. Přesunutí operace ze sloučené pozice 200+210 jí zároveň přiřadilo úzké místo v podmontáži. Proto se následující návrh zabývá uspořádáním této pozice.

Snížení výrobního času z návrhu 2 umožňuje navrácení operace lepení PACKINGu zpět na pozici 200+210 při uspořádání z návrhu 1 kroku 2 (viz Obr 3.14). Podnětem ke zlepšení se po úzkém místě staly také tři různé pracovní polohy operátora.



Obr. 3.22: Layout návrhu 3

V novém uspořádání (viz Obr. 3.23) je zapotřebí sestavení stojanů pro PACKING a SPONY, které přesahují rozměry stolů. Dále byl přesunut zásobník se šrouby na pravou stranu od operátora pro jeho plynulejší pohyb. Zároveň se však zvýšila vzdálenost pro dosažení BLOWERu na dva kroky. Zmenšil se také CHUT s BLOWERem, prázdné bedny se vrací otočené o 90° v horizontálním směru (viz Obr. 3.22).



Obr. 3.23: Detail návrhu 3

NÁVRH 3 - 200+210													
krok	kroky								Σ	četnost	Basic MOST	TMU	čas [s]
	obecné přemístění	A	B	G	A	B	P	A					
1	vezmi NOVÝ DISTRIBUTOR, ulož od JIGu	1	0	1	1	0	1	0	4	1	10	40	1,44
2	vezmi SERVO, ulož na NOVÝ DISTRIBUTOR	1	0	1	1	0	3	0	6	1	10	60	2,16
3	vezmi 2x šroub, přilož k šroubováku	1	0	1	1	0	1	0	2	6	10	120	4,32
	řízené přemístění	A	B	G	M	X	I	A					
4	šroubuj 2x	1	0	0	1	1	1	0	2	6	10	120	4,32
	obecné přemístění	A	B	G	A	B	P	A					
5	vezmi BLOWER CASE, ulož do vedlejšího JIGu	1	0	1	1	0	1	0	4	1	10	40	1,44
6	vezmi kryt, polož na BLOWER CASE	1	0	1	1	0	1	0	4	1	10	40	1,44
	řízené přemístění	A	B	G	M	X	I	A					
7	šroubuj 4x s podavačem šroubů	1	0	1	1	1	1	0	5	4	10	200	7,20
	obecné přemístění	A	B	G	A	B	P	A					
8	odlož kryt	1	0	1	1	0	1	0	4	1	10	40	1,44
9	vezmi SÁNÍ z vedlejšího JIGu, nasad' na CASE	1	0	1	1	0	3	0	6	1	10	60	2,16
	řízené přemístění	A	B	G	M	X	I	A					
10	šroubuj 3x s podavačem šroubů	1	0	1	1	1	1	0	5	3	10	150	5,40
	obecné přemístění	A	B	G	A	B	P	A					
11	vezmi PACKING, odstraň kryt lepicí části	1	0	1	1	0	1	0	4	1	10	40	1,44
12	nalep PACKING na kus	1	0	1	1	3	6	1	13	1	10	130	4,68
čas celkem												37,44	

Obr. 3.24: MOST analýza pozice 200+210 návrhu 3

NÁVRH 3 - 220													
krok	kroky								Σ	četnost	Basic MOST	TMU	čas [s]
	obecné přemístění	A	B	G	A	B	P	A					
3	vezmi kompletní BLOWER CASE a ulož do JIGu pozice 220 otočený o 180°	3	0	1	3	0	1	0	8	1	10	80	2,88
4	vezmi BLOWER, nasad' na BLOWER CASE	3	0	1	3	0	3	0	10	1	10	100	3,60
5	vezmi SPONU, nasad' na BLOWER	1	0	1	1	0	3	0	6	1	10	60	2,16
6	vezmi VÍČKO, nasad' na BLOWER	1	0	1	1	0	3	0	6	1	10	60	2,16
7	vezmi kompletní BLOWER, ulož na linku	1	0	3	3	0	6	0	13	1	10	130	4,68
8	vezmi TEPLTNÍ ČIDLO, namontuj	1	0	1	1	3	6	0	12	1	10	120	4,32
9	vezmi 3x šroub, přilož k šroubováku	1	0	1	1	0	1	0	4	3	10	120	4,32
	řízené přemístění	A	B	G	M	X	I	A					
10	šroubuj 3x	1	0	1	1	1	1	0	5	3	10	150	5,40
	obecné přemístění	A	B	G	A	B	P	A					
11	proved' kontrolu TEPLTNÍHO ČIDLA	1	0	1	1	3	3	1	10	1	10	100	3,60
12	odešli kus	1	0	0	1	0	0	0	2	1	10	20	0,72
čas celkem												33,84	

Obr. 3.25: MOST analýza pozice 220 návrhu 3

Po provedení MOST analýzy (viz Obr. 3.24 a 3.25) se úzké místo vrátilo zpět na sloučenou pozici 200+210. Návrh 3 je také vhodný, neboť jako předchozí splňuje všechny cíle projektu.

3.5.5 Srovnání a vyhodnocení návrhů

Všechny tři návrhy řešily problematiku původního stavu sloučením pozice 200 s pozicí 210. V dané situaci (dodržení posloupnosti montážních operací) bylo sloučení vyhodnoceno jako optimální řešení. Variabilitou řešení se tedy stalo uspořádání pracoviště – layout.

Pozice	200+210	220	Rozdíl
Návrh 1	36,00s	38,88s	2,88s
Návrh 2	31,32s	38,88s	7,56s
Návrh 3	37,44s	33,84s	3,60s

Obr. 3.26: Srovnání výrobních časů návrhů

Návrh 1:

V návrhu 1 byla snaha o nejjednodušší dosažení cílů z fáze Define. Byl řešen postupným vývojem tak, aby v jeho závěru splnil všechny požadavky zadání projektu. Dal tak představu o směru, jakým směrem se mohou další návrhy ubírat.

Podstatou bylo přesunutí veškerých zbývajících zásob po inovaci na stranu linky oproti operátorovi, přiblížení pracovního stolu k zásobám a rozdělení operací dle požadovaného taktu linky.

Návrh 2:

Jelikož následující návrh vychází z předcházejícího řešení a důkazu, že šroubování s podavačem je rychlejší než bez něj, splňuje návrh 2 také všechny definované cíle a automaticky se stal vhodnějším řešením.

Snížil výrobní čas sloučené pozice 200+210 o více než 4 vteřiny (viz Obr. 3.26), čímž vznikl poměrně velký rozdíl mezi pozicemi. Bylo také nutné vytvořit prostor pro materiál PACKING, který byl nahrazen podavačem. Ten byl zajištěn stavebnicovým připojením k pracovnímu stolu, směrem k poloze operátora pozice 220.

Návrh 3:

Předchozí návrh se stal výchozím pro návrh 3. Rozložení pracovních pozic 200 a 210, sloučených v jednu, zůstalo stejné – pouze JIG 210 se otočil zpět jako v návrhu 1. Rozdíl výrobních časů vzniklých v návrhu 2 dal prostor k navracení operace lepení PACKINGu na sloučenou pozici.

Bylo zde již potřeba větších zásahů do layoutu, ale rozdíl výrobních časů se vybalancoval na více než polovinu ($7,56s \rightarrow 3,60s$). Oproti návrhu 1 je to sice více a na pozici 200+210 výrobní čas lehce vzrostl, ale na pozici 220 se výrazně snížil.

Nevýhodou může být zdánlivě složitější pohyb operátora, který byl původně v návrhu jedním z předmětů optimalizace, či „uvěznění“ operátora pozice 200+210. Stojany z výroby (modré) jsou však pojízdné a relativně lehké, proto pracovník není bezpečnostně ohrožen.

Dle mého názoru je návrh 3 optimální předlohou na pilotní řešení. Přestože je jeho realizace ze všech prezentovaných řešení nejsložitější (přestavení všech tří namísto dvou původních pozic), nabízí lepší výsledky a rezervu pro takt linky až 2,56s (1.4).

$$40 - 37,44 = 2,56s \quad (1.4)$$

3.6 Control – Říd'

Poslední fáze metody DMAIC zahrnuje řízení zlepšeného procesu – monitorování implementovaných zlepšení za účelem udržení přínosů a zajištění nápravných opatření. V případě tohoto projektu (po zavedení vybraného návrhu) se jedná především o ověřování výrobních časů a dostupnosti všech materiálů na dosah.

Součástí fáze Control by mělo být pozorování procesu, snaha o zabránění zpětného efektu a komunikace s operátory. V tomto projektu Control ještě nenastal.

4. Závěr

Diplomová práce se zabývala postupy a nástroji, které napomáhají ke zlepšení výrobního procesu – optimalizaci – offline pozice montážní linky ve firmě Denso Manufacturing Czech s.r.o. Cílem práce bylo navržení nového uspořádání a výrobního procesu podmontáže podmíněných nevyhovujícím současným stavem a plánovanou inovací. Ta spočívala v dodávání zkompleťované součásti firmou Liplastec, která byla do nynějška distribuována ve čtyřech samostatných dílech. Zlepšení bylo dále podmíněno snížením počtu operátorů v podmontáži ze tří na dva a udržením výrobního času jednotlivých pozic pod současným taktem online linky 40s.

Konkrétními metodami pro optimalizaci byly metoda DMAIC, tvorba layoutu a sekvenční modely pohybů MOST. Použitím těchto nástrojů byl změřen a analyzován současný stav – rozvržení pracovních pozic (layout), výrobní časy, pohyby operátorů. Na základě výsledků měření bylo sestaveno nové pracoviště (s ponecháním prvků nezasazených inovací) a poté byla řešena vlastní optimalizace podmontáže. Následně byl vytvořen návrh 1 nového uspořádání sloučením dvou pozic v jednu (snížení počtu operátorů) a zachováním pozice třetí, které však přibyla operace navíc. Poté vytvořený návrh 2 zahrnuje přidání pomocného přípravku montáže (podavače šroubů) a drobnou úpravou rozvržení pracovního stolu zlepšil výrobní čas sloučené pozice z návrhu 1. Návrh 3 se pak zabýval rozmístěním doposud nedotčené třetí pozice a vhodným layoutem se operace, kterou získala, vrátila zpět na nově sloučenou pozici.

Všechny uvedené návrhy splňují požadované cíle, z nichž se dle mého názoru návrh 3 jeví jako optimální. Přestože je jeho realizace nejsložitější (nové uspořádání všech původních pozic), nabízí nejpríjemnější hodnoty výrobních časů. Zaveden však může být kterýkoli z návrhů a zároveň kterýkoli by mohl být podnětem či podkladem pro další návrhy a projekty této podmontáže, neboť *vždy je co zlepšovat*.

Seznam použité literatury:

monografie:

- [1] CHUNDELA, L. *Ergonomie*. Praha: ČVUT, 2007. 168 s. ISBN 978-80-01-03802-4
- [2] KOŠTURIÁK, Ján; GREGOR, Milan. *Podnik v roce 2001 : Revoluce v podnikové kultuře*. Praha: Grada a.s., 1993. 320 s. ISBN 80-7169-003-1.
- [3] MAŠÍN, Ivan. *Výkladový slovník průmyslového inženýrství a štíhlé výroby*. Liberec: Institut technologií a managementu s.r.o., 2005. ISBN 80-903533-1-2.
- [4] MAŠÍN, Ivan; ŠEVČÍK, Ladislav. *Metody inovačního inženýrství*. Liberec: Institut technologií a managementu s.r.o., 2006. ISBN 80-903533-0-4.
- [5] MAŠÍN, Ivan; VYTLAČIL, M. *TPM : Management a praktické zavádění*. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 2000. 0 s. ISBN 80-902235-5-9.
- [6] ZELENKA, A.; PRECLÍK, V.; HANINGER, M. *Projektování procesů obrábění a montáží*. Praha: ČVUT, 1999. 0 s. ISBN 80-01-02013-4.

elektronické články:

- [7] DLABAČ, Jaroslav. *API - Akademie produktivity a inovací* [online]. 18.2.2009 [cit. 2010-04-09]. Cesta ke štíhlému podniku. Dostupné z WWW: <<http://e-api.cz/article/68829.cesta-ke-stihlemu-podniku/>>.
- [8] CHROMJAKOVÁ, Felicita. *IPA Slovakia* [online]. 2009 [cit. 2010-02-10]. PDCA cyklus. Dostupné z WWW: <http://www.ipaslovakia.sk/slovník_view.aspx?id_s=43>.
- [9] KORMANEC, Peter. *IPA Slovakia* [online]. 2009 [cit. 2010-04-09]. Čo je Six Sigma. Dostupné z WWW: <http://www.ipaslovakia.sk/Default.aspx?id=17&sub_id=0&pos=1>.

- [10] KRIŠŤAK, Jozef. *IPA Slovakia* [online]. 2009 [cit. 2010-03-25]. MOST - Maynard Operation Sequence Technique . Dostupné z WWW:
<http://www.ipaslovakia.sk/slovník_view.aspx?id_s=81>.
- [11] KRIŠŤAK, Jozef. *IPA Slovakia* [online]. 2009 [cit. 2010-03-24]. MTM – Methods Time Measurement. Dostupné z WWW:
<http://www.ipaslovakia.sk/slovník_view.aspx?id_s=80>.
- [12] PAVELKA, Marcel. *API - Akademie produktivity a inovací* [online]. 1.1.2009 [cit. 2010-04-21]. Časové studie - nástroj průmyslového inženýrství. Dostupné z WWW:
<<http://e-api.cz/article/68428.casove-studie-8211-nastroj-prumysloveho-inzenyrstvi/>>.
- [13] STRACHOTA, Svatopluk. *API - Akademie produktivity a inovací* [online]. 11.02.2009 [cit. 2010-03-18]. Postup při zavádění štihlého výrobního systému – Leanu. Dostupné z WWW:
<<http://e-api.cz/article/68820.postup-pri-zavadeni-stihleho-vyrobniho-systemu-8211-leanu/>>.
- [14] STRNÁTKOVÁ, Anna. *IPA Slovakia* [online]. 2009 [cit. 2010-02-08]. DMAIC – Model riadenia Six Sigma projektu. Dostupné z WWW:
<http://www.ipaslovakia.sk/slovník_view.aspx?id_s=48>.
- elektronické příspěvky:*
- [15] *API - Akademie produktivity a inovací* [online]. 2009 [cit. 2010-03-24]. MOST a jeho aplikace. Dostupné z WWW:
<<http://e-api.cz/page/68398.most-a-jeho-aplikace/>>.
- [16] *API - Akademie produktivity a inovací* [online]. 2009 [cit. 2010-03-17]. Optimalizace linky. Dostupné z WWW:
<<http://e-api.cz/page/68402.o-ptimalizace-linky/>>.

- [17] *API - Akademie produktivity a inovací* [online]. 2009 [cit. 2010-02-08]. Řízení projektů – DMAIC. Dostupné z WWW: <http://e-api.cz/page/68718.rizeni-projektu-dmaic/>.
- [18] *Athena.zcu.cz/batcos* [online]. 13.11.2003 [cit. 2010-04-07]. Definování projektu. Dostupné z WWW: http://athena.zcu.cz/batcos/demo_cz/c04m02cz/c04m02u02s02cz/.
- [19] *Athena.zcu.cz/batcos* [online]. 13.11.2003 [cit. 2010-04-07]. Definování projektu. Dostupné z WWW: http://athena.zcu.cz/batcos/demo_cz/c04m02cz/c04m02u02s03cz/.
- [20] *BusinessInfo.cz* [online]. 31.5.2009 [cit. 2010-04-20]. Slovník průmyslového inženýrství. Dostupné z WWW: <http://www.businessinfo.cz/cz/clanek/management-msp/slovník-prumysloveho-inzenyrstvi/1001663/52893/#bl>.
- [21] *CPI - Centrum průmyslového inženýrství* [online]. 2010 [cit. 2010-03-18]. Co je štíhlý podnik?. Dostupné z WWW: http://www.centrumpi.eu/Default.aspx?id=19&sub_id=0&pos=1.
- [22] *CPI - Centrum průmyslového inženýrství* [online]. 2010 [cit. 2010-03-18]. Co je štíhlá výroba?. Dostupné z WWW: http://www.centrumpi.eu/Default.aspx?id=50&sub_id=0&pos=1.
- [23] *DENSO CZ* [online]. 2010 [cit. 2010-04-20]. DENSO MANUFACTURING CZECH s.r.o. Dostupné z WWW: <http://www.denso.cz/>.
- [24] *Digitální fabrika* [online]. 2008 [cit. 2010-04-20]. Plánování layoutu. Dostupné z WWW: http://www.digitov.zcu.cz/vyrobni_layout.php.
- [25] *PDCA In Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, [cit. 2010-05-06]. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/PDCA>.

- [26] *Vlastní cesta - poradce a poradenství pro každého* [online]. 2006-2009 [cit. 2010-02-09]. DMAIC metoda. Dostupné z WWW:
<<http://www.vlastnicesta.cz/akademie/kvalita-system-kvality/kvalita-system-kvality-metody/dmaic-metoda/>>.

Seznam příloh:

Příloha I: Tabulka MTM pro pohyb sáhnout	1
Příloha II: MOST data cards	2
Příloha III: Tabulka výrobních časů měřených stopkami	4
Příloha IV: Standardy paletizovaných jednotek	5

Příloha I

Tabulka časových hodnot pohybu <i>Sáhnout - R</i>								
Případ pohybu		Dráha pohybu [cm]	Typ pohybu 1				Typ pohybu 2	
			A	B	C, D	E	A	B
A	Sáhnout po předmětu, který je na stálém místě, v druhé ruce nebo, na které druhá ruka leží	2	2,0	2,0	2,0	2,0	1,6	1,6
		4	3,4	3,4	5,1	3,2	3,0	2,4
		6	4,5	4,5	6,5	4,4	3,9	3,1
		8	5,5	5,5	7,5	5,5	4,6	3,7
		10	6,1	6,3	8,4	6,8	4,9	4,3
B	Sáhnout po jednotlivém předmětu na místo, které se může jen málo měnit	12	6,4	7,4	9,1	7,3	5,2	4,8
		14	6,8	8,2	9,7	7,8	5,5	5,4
		16	7,1	8,9	10,3	8,2	5,8	5,9
		18	7,5	9,4	10,8	8,7	6,1	6,5
		20	7,8	10,0	11,4	9,2	6,5	7,1
C	Sáhnout po předmětu ve skupině dalších předmětů	22	8,1	10,5	11,9	9,7	6,8	7,7
		24	8,5	11,1	12,5	10,2	7,1	8,2
		26	8,8	11,7	13,0	10,7	7,4	8,8
		28	9,2	12,2	13,6	11,2	7,7	9,4
D	Sáhnout po velmi malém nebo těžko uchopitelném předmětu	30	9,5	12,8	14,1	11,7	8,0	9,9
		35	10,4	14,2	15,5	12,9	8,8	11,4
		40	11,3	15,6	16,8	14,1	9,6	12,8
		45	12,1	17,0	18,2	15,3	10,4	14,2
E	Sáhnout na neurčité místo, natáhnout ruku pro zachování rovnováhy nebo přitáhnout ruku do výchozí polohy na vykonání nového pohybu	50	13,0	18,4	19,6	16,5	11,2	15,7
		55	13,9	19,8	20,9	17,8	12,0	17,1
		60	14,7	21,2	22,3	19,0	12,8	18,5
		65	15,6	22,6	23,6	20,2	13,5	19,9
		70	16,5	24,1	25,0	21,4	14,3	21,4
		75	17,3	25,5	26,4	22,6	15,1	22,8
		80	18,2	26,9	27,7	23,9	15,9	24,2

Obecné přemístění A B G A B P A				
Index	A - Action Distance		B - Body Motion	
	Parametr	Klíčové slovo	Parametr	Klíčové slovo
0	pohyb do 5 cm	CLOSE	pohyb neexistuje	
1	v dosahu			
3	1-2 kroky	1 STEP	sehnutí a vzpřímení (50%)	PBEND
		2 STEPS		
6	3-4 kroky	3 STEPS	sehnutí a vzpřímení (100%)	BEND
		4 STEPS		
10	5-7 kroků	5 STEPS	sednout	SIT
		7 STEPS	vstát	STAND
16	8-10 kroků	8 STEPS	vstát a předklonit	STAND AND BEND
		10 STEPS	sehnutí a sed	BEND AND SIT

Obr. 1: MOST general move data card pro subaktivity A a B [6]

Obecné přemístění A B G A B P A				
Index	G - Gain Control		P - Placement	
	Parametr	Klíčové slovo	Parametr	Klíčové slovo
0	pohyb neexistuje		položít, držet odložit, naložit	THROW, TOSS CARRY, PICKUP
1	lehký předmět	GRASP	umístit stranou ustavit	MOVE PUT
3	těžký, zatížený	GET	zajistit, lehký tlak	PLACE
	uvolnit	FREE		
	oddělit, odemknout sebrat, nabrat	DISENGAGE COLLECT	dvojitě umístění	REPLACE
6			opatrné	POSITION
			vyšší tlak	REPOSITION
10	zatím nevyužito			
16	zatím nevyužito			

Obr. 2: MOST general move data card pro subaktivity G a P [6]

Řízené přemístění A B G M X I A						
Index	M - Move Controlled		X - Process Time		I - Align	
	Parametr	Klíčové slovo	Parametr (s)		Paremetr	
0	pohyb neexistuje		řízená práce - strojní čas			
1	tlačit	(do 30 cm)		do 0,5	k jednomu bodu	ALIGN POINT
	táhnout					
	otáčet					
3	zavřít			0,5 - 1,5	ke dvěma bodům do 10 cm od sebe	ALIGN POINT CLOSE
	posunout					
	otočit					
	stlačit					
	otevřít					
6	dvě fáze polohy + 1-2 kroky			1,5 - 3,0	seřízení	
10						
16						

Obr. 3: MOST controlled move data card pro subaktivitu M, X a I [6]


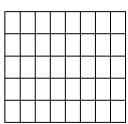

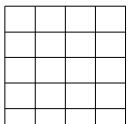

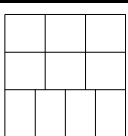

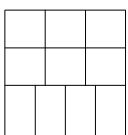

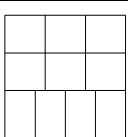

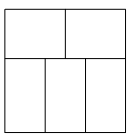

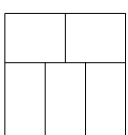

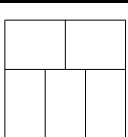

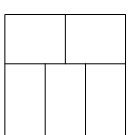
Příloha III

SOUČASNÝ STAV														
pozice	č. op.	popis operace	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	Ø	DENSO
200	1	Vezmi DISTRIBUTOR, uloží do JIGu	3,7	3,9	4,3	3,7	4,8	3,5	4,3	5,0	4,8	5,1	4,3	3,2
200	2	Vezmi PLATE, namaž, spoj s BRACKETem	4,9	5,1	5,0	5,2	4,9	5,4	4,7	5,6	5,2	5,1	5,1	5,1
200	3	Vezmi LEVER, namaž, spoj s BRACKETem	4,5	4,7	3,7	4,4	3,4	3,5	3,5	4,3	4,0	3,1	3,9	3,6
200	4	Vezmi SERVO, vše spoj, ulož na DISTRIBUTOR	3,4	4,8	3,2	3,5	3,3	2,9	2,9	2,7	2,6	3,2	3,3	4,2
200	5	Šroubuj 6 šroubů, odlož kus (SÁNÍ)	16,2	16,4	16,9	19,3	17,9	16,8	18,7	15,9	17,2	17,1	17,2	15,8
měřený celý cyklus			32,4	30,0	32,3	31,0	30,4	30,3	30,6	30,5	30,4	31,0	33,8	31,9
210	1	Vezmi BLOWER CASE, ulož do JIGu	3,3	3,0	2,7	2,2	3,1	1,6	2,1	2,7	1,7	1,9	2,4	2,4
210	2	Polož kryt, šroubuj 4 šrouby, odlož kryt	10,2	12,1	11,5	10,6	10,2	10,0	12,8	11,9	12,5	10,6	11,2	6,4
210	3	Polož SÁNÍ na BLOWER CASE, šroubuj 3 šrouby	12,1	11,3	7,8	7,4	10,8	11,7	9,9	10,2	9,7	11,8	10,3	6,7
210	4	Vezmi PACKING, nalep na kus	9,7	9,5	8,6	10,4	9,8	9,2	11,3	10,5	9,3	11,1	9,9	9,9
210	5	Odlož kus (kompletní BLOWER CASE) do JIGu 220 +180°	2,2	1,4	2,5	1,4	1,8	2,1	1,6	1,5	1,5	1,7	1,8	2,5
měřený celý cyklus			34,9	32,2	35,8	35,5	33,4	33,0	34,6	32,7	32,6	36,2	34,1	27,9
220	1	Nasad' BLOWER do BLOWER CASE	2,8	3,2	3,2	2,3	2,4	4,6	2,7	3,6	4,3	4,1	3,3	3,8
220	2	Nasad' SPONU a VÍČKO na BLOWER	5,3	6,6	6,2	6,7	7,0	5,8	6,7	7,5	7,3	6,5	6,6	5,1
220	3	Celé vezmi a ulož na paletu k dílu na lince	3,9	4,1	4,0	4,2	4,6	3,2	3,6	6,4	4,2	4,7	4,3	3,4
220	4	Namontuj TEPLTNÍ ČIDLO	6,1	4,2	6,0	4,7	4,6	6,0	5,8	5,9	5,2	5,6	5,4	8,4
220	5	Šroubuj 3 šrouby, kontrola TEPLTNÍHO ČIDLA, odešli	14,7	14,3	11,8	16,6	13,2	14,5	14,8	13,8	12,8	12,6	13,9	11,7
měřený celý cyklus			33,8	35,8	35,5	35,4	35,8	33,5	34,8	35,1	37,6	39,1	35,6	32,4

Pozn.1: celkové časy jednotlivých cyklů nejsou sečteny, protože hodnoty nejsou ze stejných cyklů

Pozn.2: operace 3,4 a 5 pozice 220 jsou již online (na paletě linky)

Příloha IV

Standardy paletizovaných jednotek												
pkg.no.	picture	external	internal	H of bottom lock	weight	pallet sizes	number of boxes in one layer	layers on pallet	max. height of palletized unit	total height include pallet (mm)	total box (pcs)	pallet configuration picture
		mm	mm	mm	kg	L/W/H						
A-2		200	160	10	0,3	1200	40	5	1000	875	200	
		150	110			1000						
		145	140			190						
B-2		300	260	10	0,5	1200	20	5	1000	875	100	
		200	155			1000						
		145	142			190						
C-1		400	356	10	0,6	1200	10	12	1000	980	120	
		300	256			1000						
		75	62			190						
C-2		400	355	10	0,9	1200	10	5	1000	875	50	
		300	255			1000						
		145	142			190						
C-3		400	356	10	1,1	1200	10	5	1500	1325	50	
		300	256			1000						
		235	222			190						
D-1		600	555	10	1,1	1200	5	12	1000	980	60	
		400	355			1000						
		75	70			190						
D-2		600	555	10	1,8	1200	5	5	1000	875	25	
		400	355			1000						
		145	140			190						
D-3		600	556	10	1,9	1200	5	5	1500	1325	25	
		400	356			1000						
		235	222			190						
D-4		600	556	10	2,6	1200	5	4	1500	144	20	
		400	356			1000						
		320	307			190						